

12^e édition

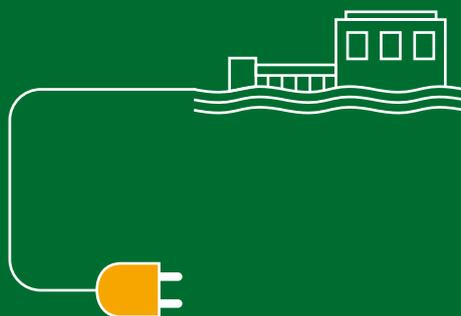
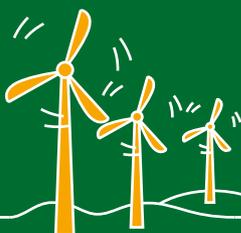
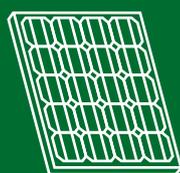


LE BAROMÈTRE 2021



DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

Observ'ER



Ce baromètre a été réalisé et édité par Observ'ER.

Il est téléchargeable en format PDF sur :

• www.energies-renouvelables.org

• www.fnccr.asso.fr



Directeur de la publication : Vincent Jacques le Seigneur

Directrice adjointe : Diane Lescot

Rédacteurs : Géraldine Houot, Hugo Haas et Frédéric Tuillé, responsable des études

Responsable des produits éditoriaux : Romain David

Secrétaire de rédaction : Charlotte de L'escale

Conception graphique : Lucie Baratte/kaleidoscopeye.com

Réalisation graphique : Alice Guillier

Le contenu de cette publication n'engage que la responsabilité d'Observ'ER et ne représente pas l'opinion de la FNCCR ni celle de l'Ademe. Celles-ci ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.

**Un ouvrage réalisé
en partenariat avec
la FNCCR et l'Ademe.**



AVANT-PROPOS	4
ÉDITO	5
ÉOLIEN	8
PHOTOVOLTAÏQUE	21
HYDRAULIQUE	34
BIOMASSE SOLIDE	47
BIOGAZ	59
DÉCHETS URBAINS RENOUEVABLES	70
GÉOTHERMIE	79
ÉNERGIES MARINES RENOUEVABLES	88
SYNTHÈSE	100
DOSSIER DU BAROMÈTRE : LE SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT, DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES (SRADDET)	116
PANORAMA RÉGIONAL DES FILIÈRES RENOUEVABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE	133
LES RÉGIONS À LA LOUPE	141
LEXIQUE ET SOURCES	182

SOMMAIRE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Pour la douzième année, **Observ'ER** réalise son **“Baromètre des énergies renouvelables électriques en France”**. **Toutes les filières renouvelables de production électrique sont analysées à travers un ensemble d'informations et d'indicateurs énergétiques, socio-économiques et industriels.**

Pour chacun des secteurs étudiés, ce baromètre propose une lecture dynamique de son développement récent à la lumière des derniers points d'actualité. L'ensemble de ces éléments constitue un panorama complet de l'état de structuration des secteurs électriques renouvelables en France. Ce baromètre est disponible en format électronique et il est téléchargeable sur les sites d'Observ'ER et de la FNCCR.

Note méthodologique

Sources des données

Ce baromètre propose un ensemble d'indicateurs relatifs à la production d'électricité ainsi qu'aux parcs de production de source renouvelable en France.

Les indicateurs de puissances installées sont issus des données du Sdes (Service de la donnée et des études statistiques), d'Enedis, pour la partie France continentale, et d'EDF, pour les territoires insulaires. Les données de production d'électricité sont basées sur les chiffres du Sdes, de RTE et d'Enedis.

Les indicateurs socio-économiques d'emploi et de chiffre d'affaires sont issus de l'étude diffusée par l'Ademe en 2021 : “Marchés et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”. Ces chiffres sont des données provisoires sur la situation des filières en 2020. Pour l'éolien, les chiffres d'emploi sont issus de l'Observatoire de l'éolien 2021, FEE – Capgemini Invent. Pour les énergies marines, les chiffres d'emploi et d'activité sont issus de l'étude “Les énergies de la mer” diffusée en juin 2021 par l'Observatoire des énergies de la mer.

Les indicateurs repris dans cette publication peuvent être soumis à des consolidations par les organismes qui les élaborent et les diffusent; ils peuvent donc être corrigés a posteriori.

4

AVANT-PROPOS

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



Xavier Pintat

Président
de la FNCCR
– Territoire
d'énergie

À l'heure de grandes tensions internationales autour des ressources en énergie, de l'impérieuse nécessité de renforcer notre indépendance énergétique et de nos engagements collectifs pour la lutte contre le dérèglement climatique, les énergies renouvelables – électriques – constituent un enjeu fort pour les territoires.

Nonobstant, le débat autour de celles-ci semble parfois caricatural et trop souvent réduit à une approche binaire, non constructive.

Il est temps d'aborder la place de ces énergies dans le mix énergétique d'une manière apaisée et pragmatique. Il ne s'agit pas de les opposer, ni de les imposer, mais bien de les intégrer, au regard

de leur maturité technique et économique, en considérant leurs atouts pour la transition écologique et l'économie des territoires.

Les collectivités l'ont bien compris et s'investissent largement dans leur développement en s'assurant de leur pertinence au regard des enjeux locaux. Centrales villageoises, projets associant les citoyens, autoconsommation collective... sont autant de clés investies par les collectivités pour garantir l'acceptabilité des projets et leur pleine appropriation locale.

Les collectivités et leurs groupements sont d'ailleurs des acteurs essentiels dans le développement de projets d'énergie renouvelable de territoire. De par leur nature et



ÉDITO

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

leurs rôles dans la mise en œuvre opérationnelle des objectifs gouvernementaux, elles constituent une charnière stratégique d'intervention pour le foisonnement et la concrétisation des projets d'énergie renouvelable.

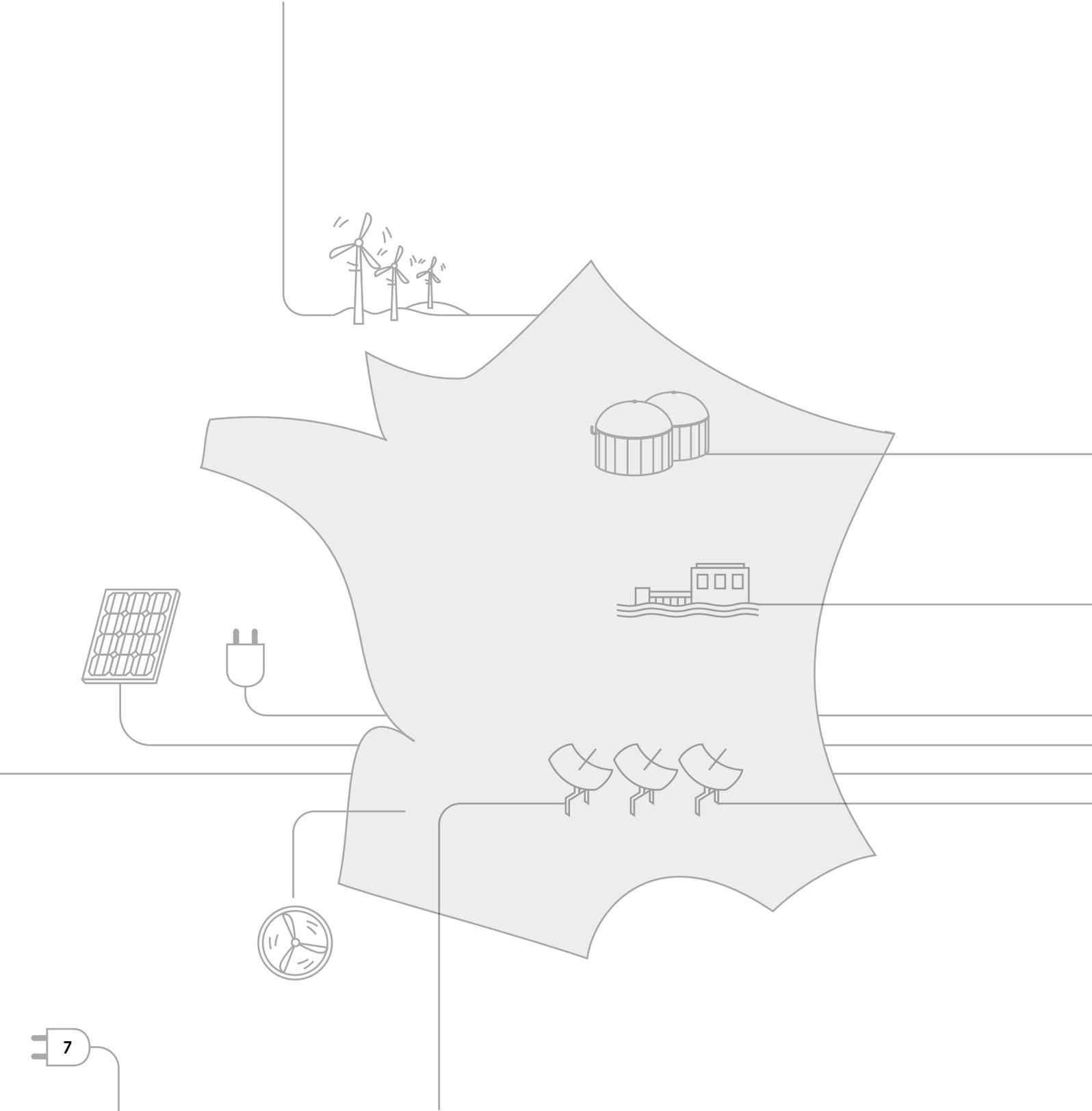
En quelques années, les collectivités, et singulièrement les autorités organisatrices de la distribution d'énergie (AODE), ont ainsi pris la mesure de leurs responsabilités dans la transition énergétique. Elles facilitent l'émergence des projets au travers de leurs compétences, de leur lien avec les territoires et les citoyens. Elles développent ou accompagnent des projets en étant maîtres d'ouvrage ou en mettant à disposition des débouchés, du foncier ou des gisements. Elles communiquent auprès des acteurs du territoire sur les intérêts, les potentiels et les projets en cours.

De nombreux adhérents de la FNCCR, à l'instar des syndicats d'énergie Territoires d'énergie, ont ainsi créé des sociétés d'économie mixtes (SEM) afin de développer massivement les énergies renouvelables. Ils s'appuient sur leur parfaite connaissance des enjeux locaux et sur les ressources disponibles pour produire l'énergie à travers la biomasse, le solaire, l'éolien, le biométhane, l'incinération de déchets ou l'hydrogène vert. À ce jour, les investissements s'amplifient.

Rappelons que les énergies renouvelables électriques ne représentent qu'une brique de la transition énergétique et que les collectivités, aux côtés de la FNCCR, s'engagent aussi chaque jour pour l'avènement des énergies renouvelables thermiques (solaire, bois...) mais également en agissant pour la rénovation énergétique – si essentielle – et les mobilités décarbonées.

La FNCCR reste persuadée que le “Baromètre annuel des énergies renouvelables électriques” édité en partenariat avec Observ'ER et l'Ademe est un observatoire qui a su s'imposer comme un outil de référence pour les collectivités et acteurs de la promotion des énergies renouvelables, non seulement parce qu'il assure un suivi filière par filière, mais aussi parce qu'il restitue des initiatives au plus près des territoires.

Bonne lecture. ●

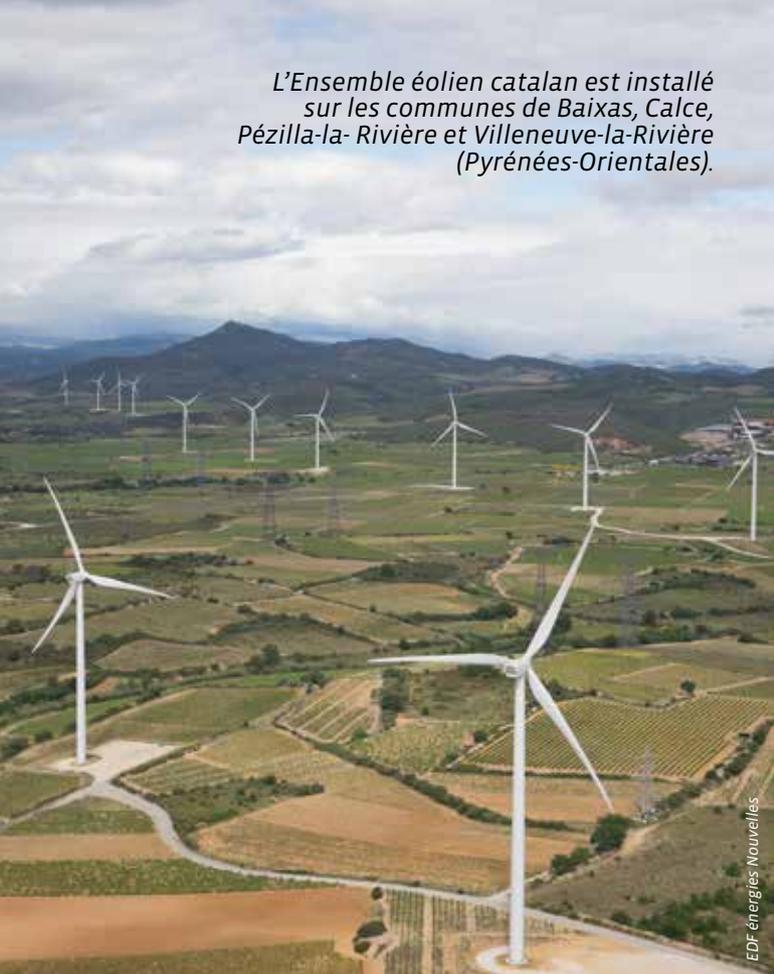


LES FILIÈRES RENOUVELABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

L'Ensemble éolien catalan est installé sur les communes de Baixas, Calce, Pézilla-la-Rivière et Villeneuve-la-Rivière (Pyrénées-Orientales).



Avec moins de 19 MW à fin 2021, l'éolien français terrestre est de plus en plus en retard sur sa trajectoire de développement. Par ailleurs, la filière va devoir composer toujours davantage avec les citoyens pour ses nouveaux projets.

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin septembre 2021

18 544 MW

Production électrique en 2020

40 704 GWh

Objectif à fin 2023¹

24,1 GW

Objectif à fin 2028¹

33,2 – 34,7 GW

Emplois directs et indirects dans la filière en 2020

22 600

Chiffre d'affaires de la filière en 2020

5 702
millions d'euros

8

FILIÈRE ÉOLIENNE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

1. Objectifs dans l'éolien terrestre uniquement.

L'ÉOLIEN S'ÉCARTE DE SA FEUILLE DE ROUTE

Après avoir bouclé l'année 2020 avec 1 145 MW supplémentaires, un chiffre en baisse par rapport à 2019, le parc éolien français a atteint 18 544 MW à la fin du mois de septembre 2021. 726 MW ont ainsi été ajoutés depuis janvier 2021, un chiffre comparable à ce qui avait été observé sur la même période en 2020 (750 MW). Côté production, la filière a généré en 2020 36 TWh d'électricité, soit environ 8% de la consom-

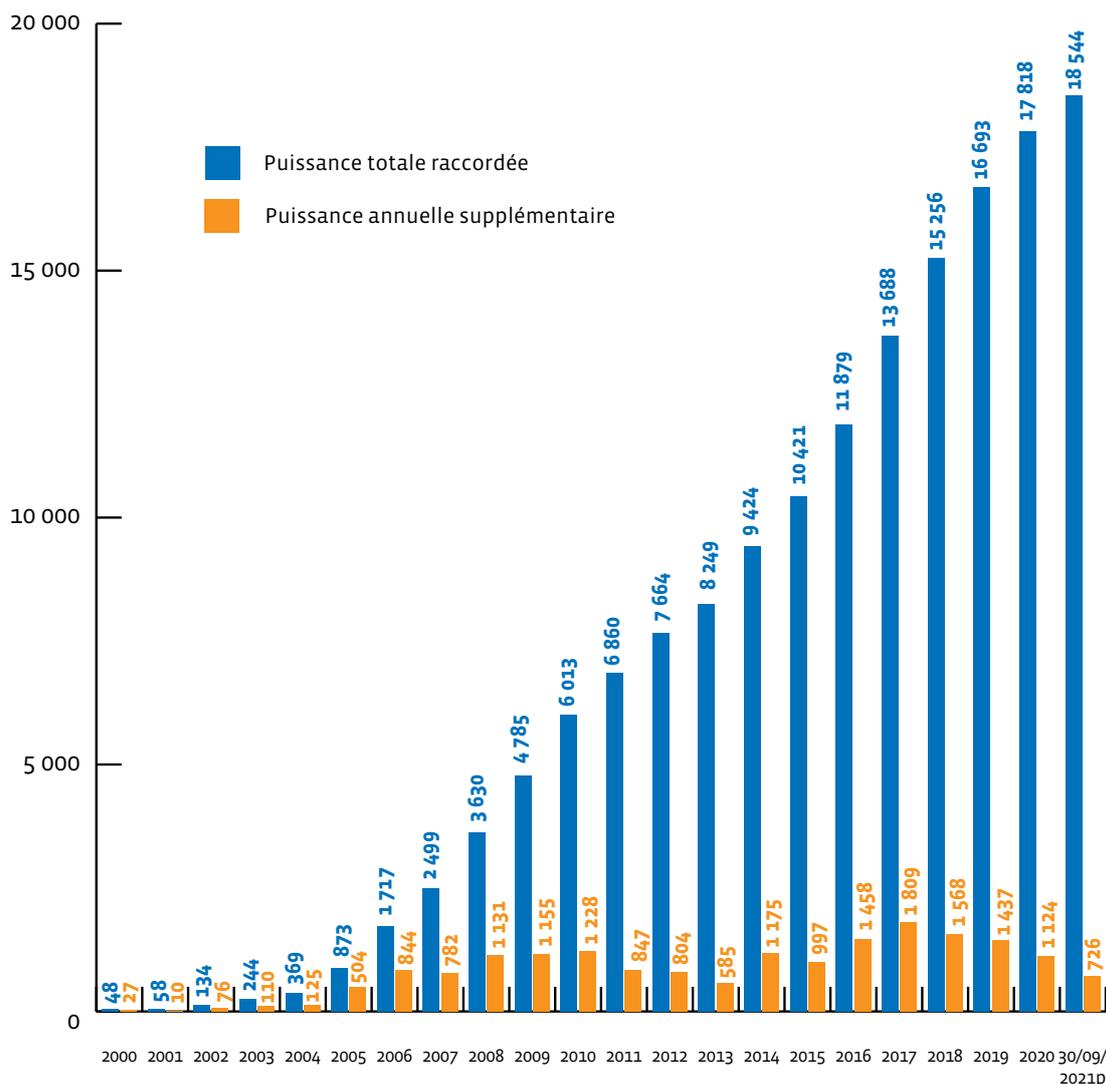
mation nationale. Au niveau de l'Union européenne des 27, la France est en 2020 le troisième pays en termes de puissance éolienne raccordée derrière l'Allemagne (62 627 MW) et l'Espagne (27 264 MW). Pour atteindre son objectif à 2023, l'Hexagone devra plus que doubler la capacité installée actuellement chaque année et, pour celui de 2028, maintenir un rythme de près de 2 GW supplémentaires par an.



Graphique n°1

Évolution de la puissance éolienne raccordée en France en MW

Source : Sdes 2021. p: provisoire



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LES CITOYENS DE PLUS EN PLUS ASSOCIÉS AUX NOUVEAUX SITES

Fin 2020 s'était déroulé un conseil de défense écologique dont l'un des principaux sujets était celui du développement harmonieux de l'éolien terrestre. Les levées de boucliers, notamment dans les Hauts-de-France, massivement relayées dans les médias généralistes, ont forcé le gouvernement à réagir. L'État a réaffirmé son soutien à la filière, qui reste l'un de ses piliers dans la transition énergétique du pays. De plus, plusieurs nouvelles solutions censées favoriser l'acceptabilité sociale et environnementale des parcs éoliens terrestres ont été annoncées. Certaines de ces idées étaient issues du groupe de travail éolien qui, depuis son lancement en 2018, a déjà fait un certain nombre de propositions. Ainsi, début 2021, le ministère de la Transition écologique (MTE) a annoncé un train de mesures destinées à répondre à ces objectifs. Parmi celles-ci, le fait que la PPE devra désormais inclure une déclinaison régionale chiffrée des objectifs relatifs à l'éolien terrestre, qui jusqu'à présent ne sont que nationaux, à savoir 24,1 GW en 2023 et de 33,2 à 34,7 GW en 2028. Concernant la question du foncier, il a été demandé aux préfets de fournir, après concertation avec les collectivités locales concernées, une cartographie des zones les plus propices au développement de l'éolien terrestre, prenant notamment en compte les contraintes liées à l'aviation et aux radars militaires. Cela n'est pas sans rappeler les zones de développement de l'éolien (ZDE) introduites par la loi Grenelle II de 2010, remplacées ensuite par les schémas régionaux éoliens (SRE), qui avaient finalement été annulés par le Conseil d'État – celui-ci considérant qu'ils avaient été adoptés sans évaluation environnementale préalable.

La cartographie demandée aux préfets n'aura rien d'opposable, il s'agira uniquement d'un guide aux documents d'urbanisme. Pourtant, suite à l'envoi au mois de mai 2021 de la circulaire destinée aux préfets, plusieurs associations sont montées au créneau pour dénoncer ce qui leur semblait être une mise à disposition des services préfectoraux au bénéfice des industriels de l'éolien dans le but de convaincre les populations.

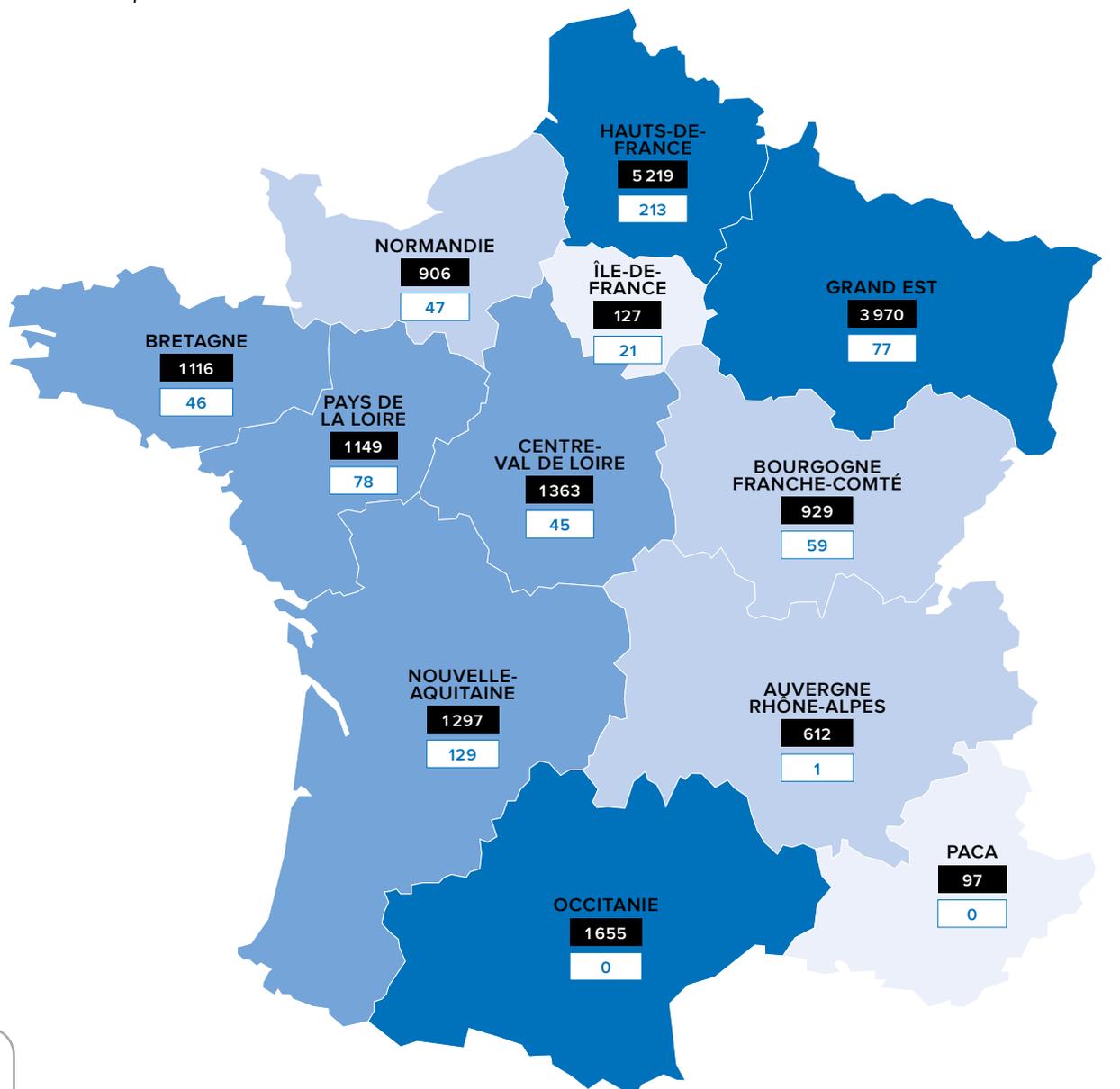
Toujours pour soutenir un développement plus harmonieux de l'éolien en France, la ministre de la Transition énergétique a présenté en octobre 2021 dix mesures visant à assurer un développement « maîtrisé et responsable ». Si certaines mesures étaient des redites de l'annonce de début d'année, certaines dispositions étaient réellement nouvelles, comme l'obligation d'excavation complète des fondations et le recyclage lors du démantèlement, les réductions des impacts lumineux et sonores, mais aussi des incitations au développement de projets citoyens. Notons que l'excavation ne devrait pas concerner les projets de repowering, l'idée étant de donner la possibilité de les réutiliser ainsi que les câbles de raccordements existants. Faisant écho aux souhaits du gouvernement de davantage associer les citoyens au développement de l'énergie éolienne, plusieurs actions ont été menées par des acteurs locaux, à l'image de la convention citoyenne sur l'éolien terrestre initiée à Narbonne. La première étape de cette consultation a consisté en la mise en ligne d'un questionnaire à destination des 43 communes du territoire narbonnais. Ensuite, deux jurys de citoyens tirés aux sorts ont entamé un débat. Certes modeste, cette expérience démocratique pourra

Carte n°1

Cartographie de la filière éolienne en France*

Source : Sdes, 2021.

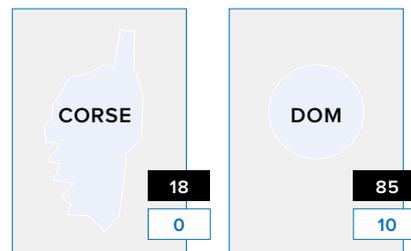
* Chiffres provisoires.



17 312 Puissance raccordée à fin septembre 2021:

- < 500 MW
- 500 - 1000 MW
- 1000 - 1500 MW
- > 1500 MW

674 Puissance raccordée depuis le début de l'année 2021 en MW



Observ'ER

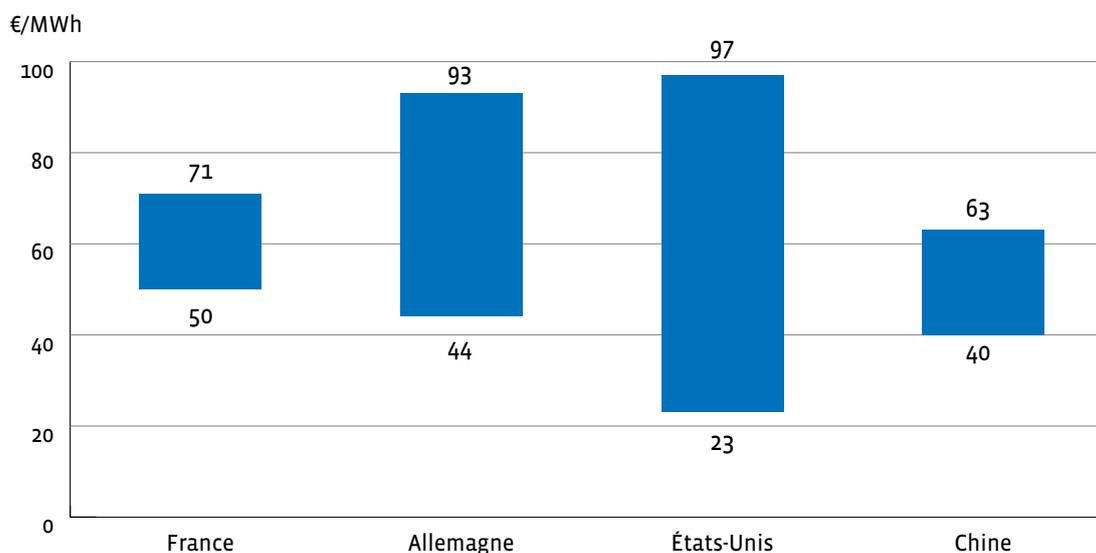
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Un coût de production entre 50 et 71 € le MWh

Le coût moyen actualisé de production (LCOE) de l'énergie issue de l'éolien terrestre en France est estimé entre 50 et 71 € le MWh pour des parcs mis en service entre 2018 et 2020. La plage de variation reflète la variabilité des coûts d'investissement et du facteur de charge des sites pour un taux d'actualisation de 4%. Ces coûts sont directement compétitifs avec ceux des centrales à gaz, dont le coût de production est compris entre 50 et 69 € le MWh¹. À l'international, les chiffres de l'éolien français sont comparables aux valeurs constatées dans d'autres pays, puisque les chiffres allemands s'échelonnent de 44 à 93 € le MWh, ceux des États-Unis de 23 à 97 € le MWh et ceux de Chine de 40 à 63 € le MWh. La valeur élevée de la borne supérieure en Allemagne et aux États-Unis s'expliquerait par une limite haute du Capex dans ces pays. De même, la borne inférieure particulièrement basse du LCOE aux États-Unis s'explique par un facteur de charge maximal très élevé (47%) et une limite inférieure du Capex relativement basse comparée à celle de la France (1 100 €/kW contre 1 400 €/kW).

LCOE éolien terrestre – comparaison internationale

Source: "Coût des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



1. Ces résultats ne tiennent pas compte de l'augmentation du prix du gaz au cours des 18 derniers mois.

servir d'exemple à d'autres territoires qui peinent à faire la pédagogie nécessaire à la valorisation de leur potentiel éolien. Néanmoins, rappelons que, loin d'être les voix les plus audibles dans les médias, 76 %

des Français se disent favorables à l'éolien, d'après l'étude annuelle de France énergie éolienne (FEE), un chiffre stable depuis 2018.

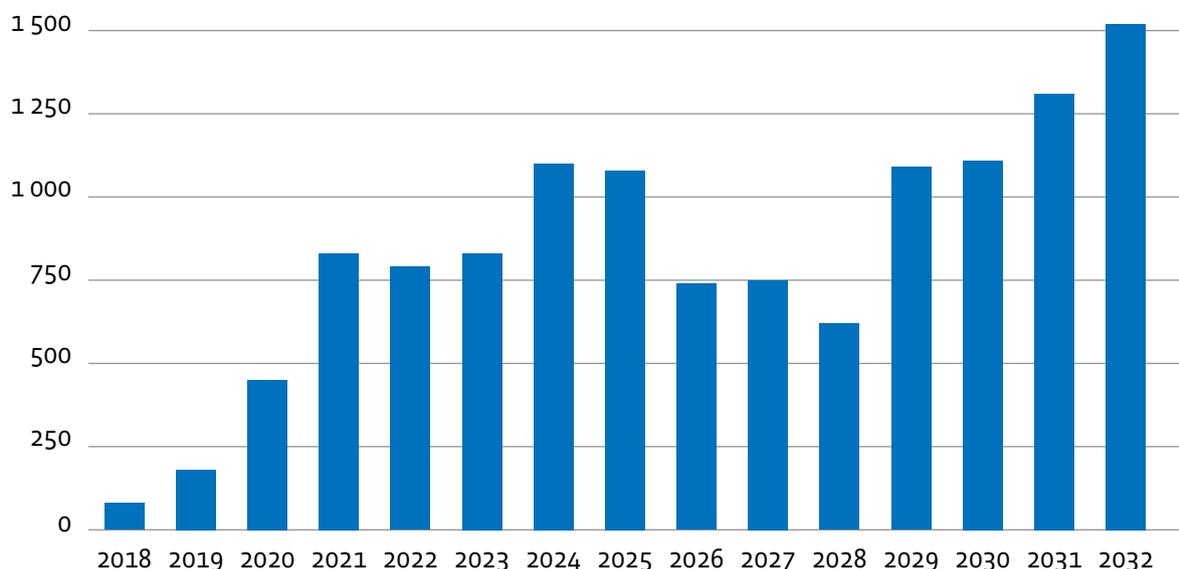
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 2

Puissance éolienne sortant de l'obligation d'achat d'ici 2032 (en MW)

Source : RTE.



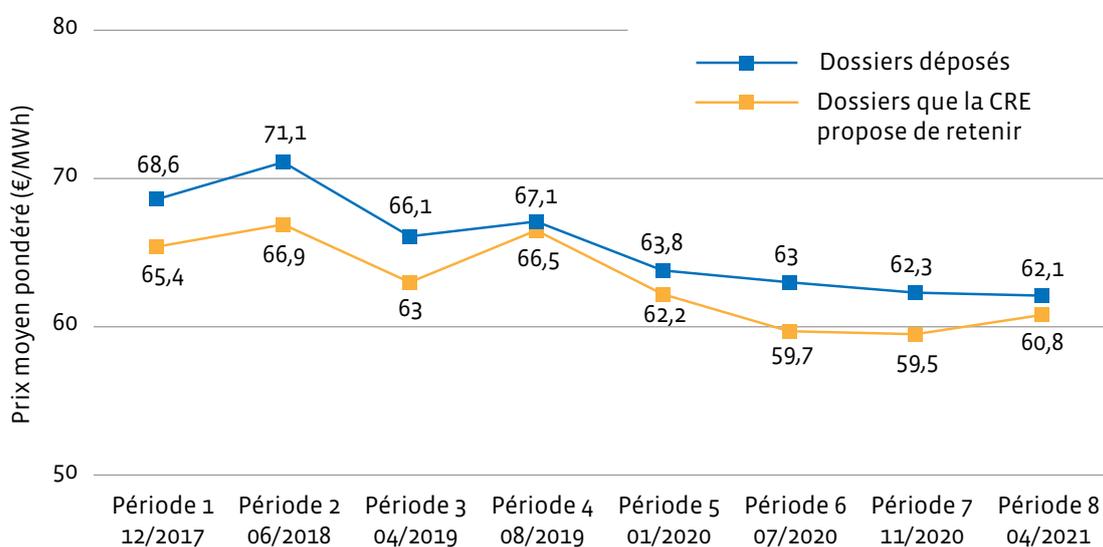
UNE MONTÉE EN PUISSANCE DES PPA

2021 a vu la signature de plusieurs importants contrats de type PPA (power purchase agreement), c'est-à-dire des contrats de fourniture d'électricité conclus généralement à long terme entre deux ou plusieurs parties, sans passer par les marchés de gros, encore majoritairement utilisés. En avril 2021, un contrat de ce type a été conclu entre Boralex Inc et IBM pour fournir de l'électricité issue d'éoliennes à ses data centers français. Cet accord s'inscrit dans la stratégie du groupe de se fournir à hauteur de 90% de sa consommation en électricité renouvelable d'ici 2030. Deux mois plus tard, en juin, ce sont EDF et Bouygues télécom qui ont signé un PPA destiné à couvrir 10% de sa consommation électrique grâce à la production de six parcs éoliens exploités par EDF Renouvelables, via sa filiale agrégateur Agregio. Il s'agit de 203 GWh d'électricité par an sur une durée de trois ans, garantissant ainsi à EDF le prolongement de l'exploitation de ses parcs en sortie d'obligation d'achat. En

octobre, c'est au tour de Statkraft de signer en France un contrat du même type avec RWE. L'électricien norvégien va ainsi gérer la vente d'électricité du premier parc éolien français de RWE, de 26,4 MW, en Centre-Val de Loire. Si les PPA sont encore minoritaires en France, il est évident qu'ils vont de plus en plus représenter l'avenir du secteur en termes d'accord financier pour valoriser les productions énergétiques des futurs parcs. Ils sont également l'une des pistes de valorisation privilégiées pour les parcs qui vont sortir de leur contrat d'obligation d'achat. Au bout de la période de vingt ans de ces contrats d'achat, les contrats PPA peuvent être une bonne option à condition de trouver des gros consommateurs intéressés par l'achat de l'énergie. Le graphique 2 montre qu'en 2021, près de 850 MW (contre environ 500 MW en 2020) de puissance sont arrivés à échéance. Pour une majorité d'entre eux, c'est une vente de leur électricité sur le marché de gros de l'énergie qui sera l'option retenue.

Le point sur les appels d'offres

Les résultats de la huitième session d'appel d'offres pour l'éolien terrestre ont été publiés en mai 2021. La Commission de régulation de l'énergie (CRE) observe une légère augmentation du prix moyen pondéré (en €/MWh) des lauréats sélectionnés, après une baisse pourtant continue depuis août 2019. Sur les 700 MW proposés, seuls 404 MW (26 projets) ont été retenus parmi les 540 MW candidats. À défaut d'une augmentation, on observe cependant une stagnation du prix proposé dans les dossiers déposés, ce qui semble indiquer une concurrence restée correcte entre les candidats. La sous-souscription pourrait s'expliquer en partie par la difficulté que rencontrent les développeurs pour obtenir les différentes autorisations à temps.

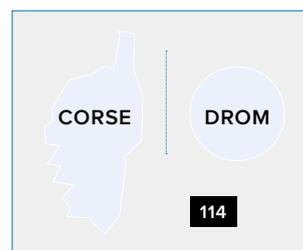
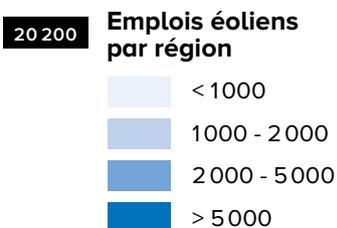
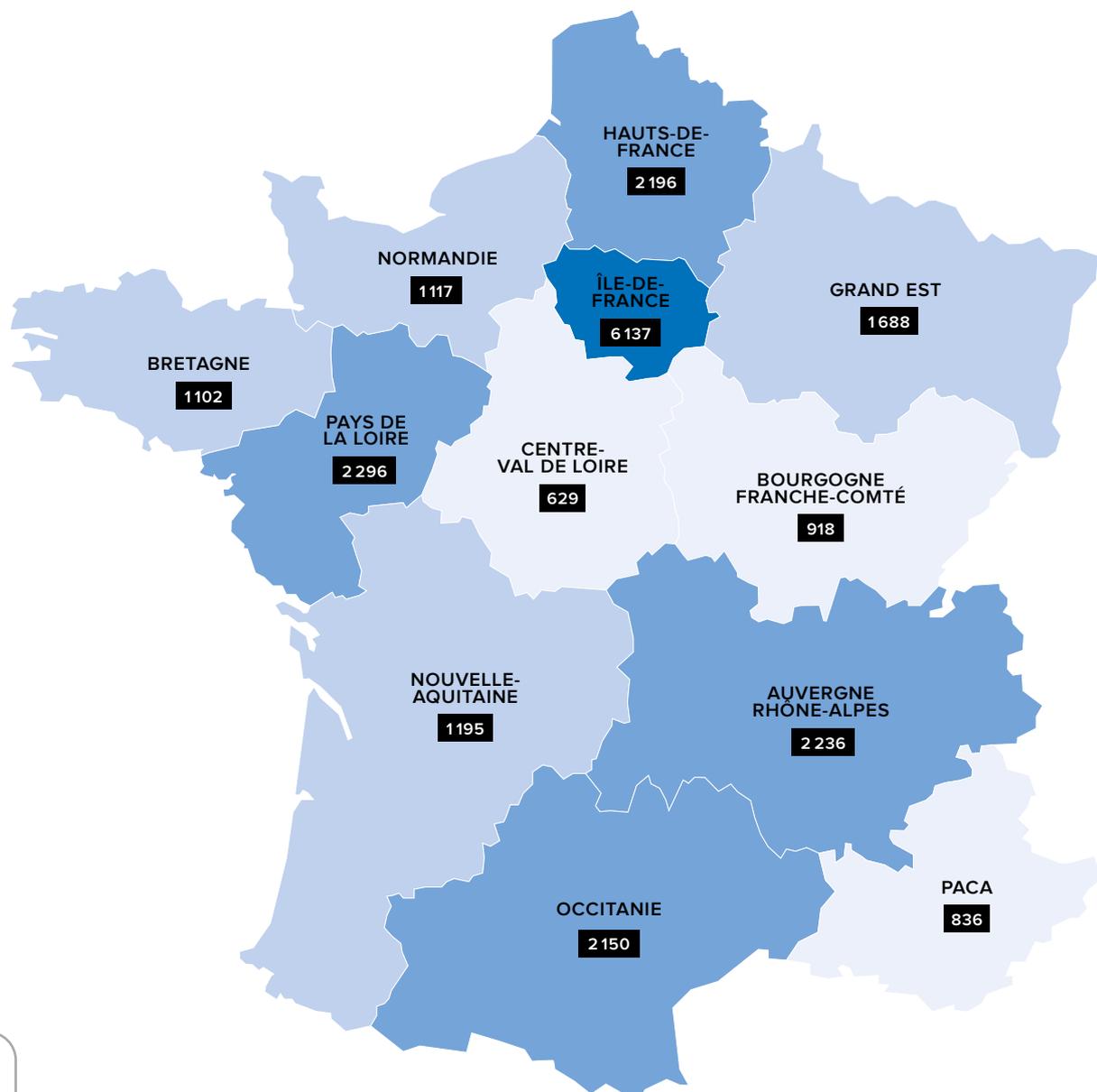


Au cours de l'analyse des offres reçues, la CRE a pu observer une relation entre le prix proposé et la puissance d'installation. Les projets les plus compétitifs seraient ceux d'une puissance inférieure à 5 MW. Comme l'indique la CRE, l'hypothèse la plus probable serait que les développeurs jouent sur le fractionnement de leur parc. Ils développent une partie de leurs parcs au travers du guichet ouvert, profitant ainsi d'un complément de rémunération de 72 €/MWh sur une partie de leur parc dans la limite actuelle de 6 mâts, puis ils candidatent à l'appel d'offres avec un prix compétitif pour les éoliennes résiduelles restantes.

Carte n°2

Répartition des emplois dans l'éolien (terrestre et en mer) en 2020

Source : Observatoire de l'éolien, FEE, 2021.



Observ'ER

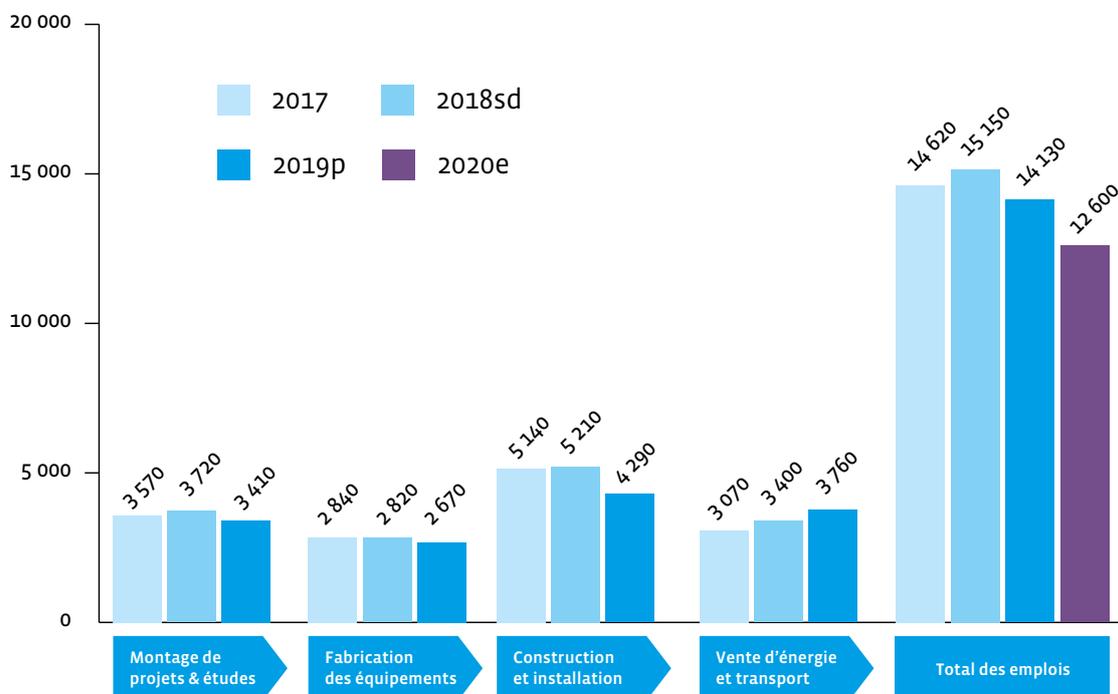
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n°3

Dynamique de l'emploi dans l'éolien terrestre sur la chaîne de valeur

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd: semi-définitif; p: provisoire; e: estimé



Autre nouveauté observée en France en 2021, la mise en service du premier électrolyseur au pied d'un parc éolien. Il s'agit du projet développé par la start-up Lhyfe, qui a installé son électrolyseur à Bouin, en Vendée, et a commencé la production de son hydrogène vert en septembre 2021, pour atteindre à terme près d'une tonne produite par jour. Enfin, en termes d'évolution du réseau électrique pour s'adapter au développement des parcs électriques renouvelables, des travaux conséquents portés par Enedis et RTE ont été achevés en Champagne-Ardenne. Cinq postes électriques ont été inaugurés en octobre 2021, pour un investissement total de 48 millions d'euros. Cela permettra à terme d'intégrer l'équivalent de la consommation de 300 000 personnes via des sources d'électricité renouvelables, dont l'éolien.

5,7 MILLIARDS D'ACTIVITÉ ET 12 600 EMPLOIS EN 2020

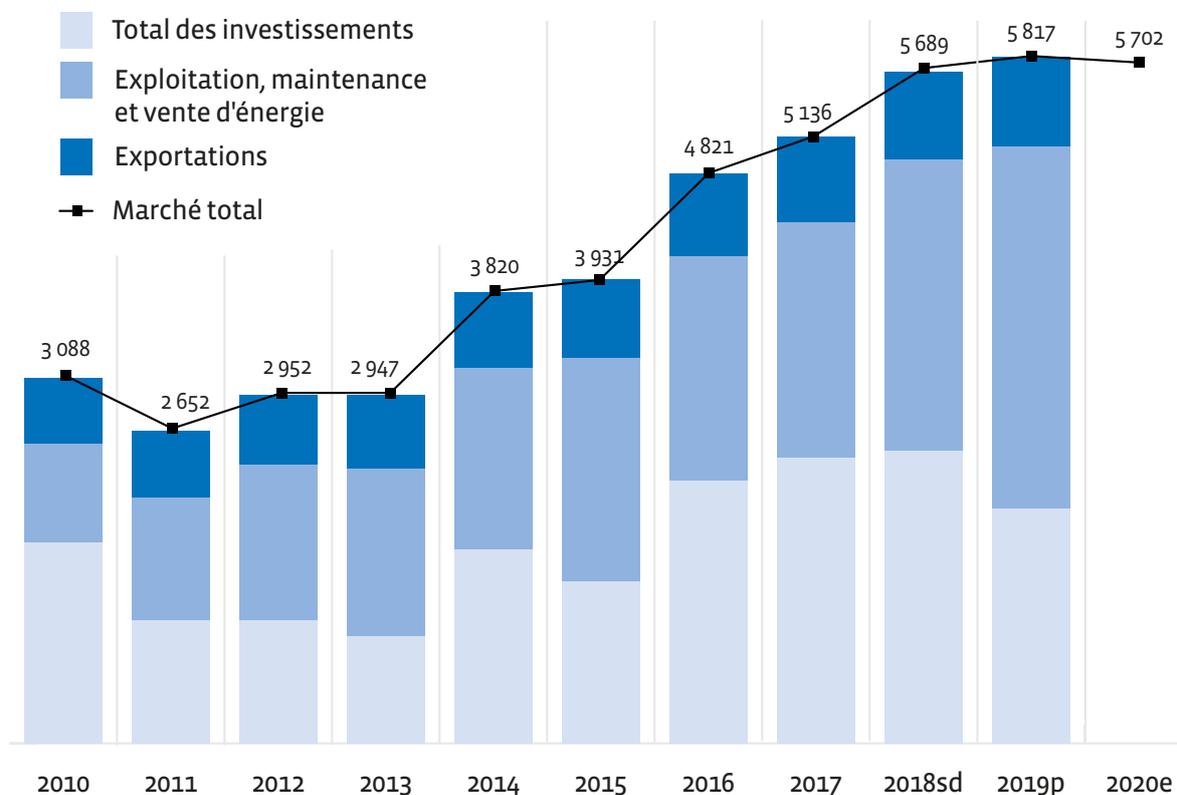
Concernant l'activité économique et l'emploi sur la filière, les chiffres les plus récents ont été publiés en juillet 2021 et portent sur le détail de l'année 2019 ainsi que sur une estimation de l'activité totale sur 2020. Ils proviennent de l'étude "Marché et emplois" réalisée par le cabinet In numeri pour le compte de l'Ademe. L'ensemble des emplois directs équivalents temps plein sont évalués à 12 600 en 2020. Ce chiffre représente une baisse de 10,8 % par rapport à 2019 (14 130 emplois). Il pourrait en partie s'expliquer par la forte baisse d'activité dans la fabrication des équipements et leur installation lors des périodes de confinement. Pour l'année 2019, le détail de l'étude montrait déjà

Graphique n°4

Chiffre d'affaires de la filière éolienne française (en M€)

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd: semi-définitif; p: provisoire; e: estimé



une forte baisse du nombre d'emplois dans la construction et l'installation de parcs (4 290 ETP contre 5 210 ETP en 2018). Ces emplois s'appuient sur environ 900 sociétés présentes sur toutes les activités de la filière éolienne et constituent de ce fait un tissu industriel diversifié. Ces sociétés sont de tailles variables, allant de la TPE au grand groupe industriel.

Une autre source pour le suivi de l'emploi est celle de l'observatoire de l'éolien du syndicat France énergie éolienne (FEE). Ces données proposent des chiffres pour 2020 mais ceux-ci intègrent à la fois les activités liées à l'éolien terrestre et en mer. Pour 2020, la FEE évalue à 22 600 les emplois directs et indirects du secteur. Autre inté-

rêt des données de la FEE, elles affichent une répartition régionale (voir carte n° 2). Ainsi, la région regroupant le plus d'emplois reste l'Île-de-France, avec 6 137 emplois, car elle profite des sièges sociaux des grands groupes énergétiques. Elle est suivie par les Pays de la Loire, dont la façade maritime va bénéficier de la croissance de l'éolien en mer, qui en totalisent 2 296, puis par l'Auvergne Rhône-Alpes (2 236).

Concernant l'activité économique, en 2020, le marché total de l'éolien terrestre français est évalué à plus de 5,7 milliards d'euros (voir graph. n° 3), un chiffre en baisse de 2% par rapport à 2019 (5,82 milliards). Le détail de l'activité 2019 liée aux investissements montre

une baisse de près de 20 % par rapport à 2018, logiquement expliquée en partie par les incertitudes liées à la crise sanitaire. Le chiffre d'affaires lié à l'exploitation, la maintenance et la vente d'énergie continue quant à lui sa croissance et dépasse les 3 milliards d'euros. En complément du marché intérieur, le volume des exportations est régulièrement en hausse, mais il reste toutefois inférieur à 20 % de l'activité totale. Sur la base d'une projection du développement de la filière qui respecterait la feuille de route de la PPE et les 24,1 GW de puissance installée visés à cette date, l'étude de l'Ademe évalue alors l'activité économique de la filière à 7,57 milliards d'euros. ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.journal-eolien.org
- ✓ www.journal-eolien.org/tout-sur-l-eolien
- ✓ www.enr.fr
- ✓ www.fee.asso.fr



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Michel Gioria,**

délégué général
du syndicat France
énergie éolienne

1 En 2021, le secteur de l'éolien français va raccorder autour de 1 GW, soit un rythme nettement insuffisant pour atteindre les objectifs de la PPE. Les travaux du groupe de travail gouvernemental de 2018 devaient justement fluidifier le secteur. Pourquoi le rythme reste-t-il si lent ?

Le rythme de délivrance des autorisations est clairement trop lent, au regard des objectifs de la PPE (1900 MW/an), alors que paradoxalement les projets sont là, puisqu'il y a aujourd'hui environ 10 GW de projets en attente d'autorisation dans les Dreal. Cette situation est le reflet d'une part d'un manque de planification claire de l'État et d'autre part d'une réelle difficulté des services de l'État à piloter des objectifs de politique publique visant à la fois la préservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique. Sur la planification, les cartographies demandées aux préfets sont un bon début, mais il faut accélérer et il faut en faire des cartes qui mettent en lumière les zones d'exclusion fermes et les zones où le développement de l'éolien est possible

avec des conditions claires. Sur le pilotage des politiques publiques, il faut s'orienter rapidement vers une approche basée sur la science, qui rappelle que les principales causes de destruction de la biodiversité sont : le changement climatique, l'agriculture, la pêche, les grandes infrastructures (route, ponts, bâtiments...) et les véhicules. L'éolien a un impact marginal, qu'il doit maîtriser au mieux, mais en ralentissant son développement on accélère ce qui a le plus d'impact sur la perte de biodiversité : le changement climatique. Un paradoxe désormais connu, qui peut être résolu en mettant autour de la table les services énergies et biodiversité des Dreal, pour fixer des seuils d'impacts au-delà desquels les avantages de l'éolien sont largement supérieurs aux impacts. Une approche coûts/bénéfices classique.

2 En octobre dernier, Barbara Pompili a annoncé 10 mesures pour un développement « maîtrisé et responsable » de l'éolien en France. Pensez-vous que ces mesures seront réellement efficaces pour faciliter davantage l'acceptabilité des nouveaux projets ?

Ces mesures sont le fruit d'un travail étroit engagé avec le ministère de la Transition écologique dans le prolongement du conseil de défense écologique du 8 décembre 2020. Elles confirment l'exemplarité de la filière en matière notamment d'économie circulaire et de préservation des sols. Elles répondent également à des attentes en matière de limitation des impacts (exemple : engagement de l'expérimentation dark sky pour tester l'extinction totale des balises), le renforcement du rôle du maire dans le prolongement du dispositif de la loi climat et résilience avec la mise en place d'un comité de



projets autour du maire, l'indispensable préservation des cadres de vie (environnement et patrimoine) avec la mise en place d'un fonds biodiversité et patrimoine. Ces mesures illustrent la capacité d'écoute des retours de terrain de la filière et notre volonté de coconstruction avec l'État, les collectivités territoriales, les citoyens pour faire du développement de l'éolien une réussite collective.

3 Il semble y avoir chez les consommateurs une appétence grandissante pour consommer une énergie produite localement. Voyez-vous une montée des offres de fourniture électrique qui propose cela à partir d'énergie éolienne ou est-ce encore marginal ?

Il ne faut pas se mentir, cela reste encore marginal. Néanmoins, face à l'appétence des consommateurs (entreprises, collectivités, acteurs du monde agricole, citoyens) et à la compétitivité de la filière, l'augmentation des contrats d'achat direct d'électricité (dits corporate PPA) est l'une des prochaines étapes de développement de la filière. Elle permet d'offrir une électricité renouvelable à un prix compétitif, garanti à long terme, aux différentes catégories de consommateurs finaux et d'accompagner le développement de nouveaux parcs de production d'électricité à partir d'énergie éolienne. D'ailleurs, plusieurs gros consommateurs ne s'y trompent pas, puisqu'ils appellent à développer fortement ce type de contrats qui permet pour les entreprises de contribuer à leur compétitivité et pour les ménages de contribuer à la préservation du pouvoir d'achat. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance à fin septembre 2021¹

13 231 MW

Production électrique en 2020

13 399 GWh

Objectif à fin 2023

20,1 GW

Objectif à fin 2028

35,1 GW – 44 GW

Emplois directs dans la filière fin 2020

8 000

Chiffre d'affaires dans la filière en 2020

**4 950
millions d'euros**

¹. Chiffre prévisionnel.



Centrale solaire de Dijon-Valmy
(Bourgogne Franche-Comté).

Ramecs production

Pour la première fois de son histoire, la filière photovoltaïque française va dépasser les 2 GW de puissance unitaire supplémentaire raccordée en une année. Cette nouvelle dynamique est la bienvenue dans l'optique des objectifs de la programmation pluriannuelle de l'énergie mais, pour l'avenir, les acteurs restent prudents.

21

FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

UN REDRESSEMENT SPECTACULAIRE DE LA DYNAMIQUE EN 2021

Avec plus de 2 MW de puissance supplémentaire au cours des neuf premiers mois de 2021, le décollage tant attendu de la filière semble avoir lieu. Alors que le rythme de progression du parc national stagnait autour du gigawatt depuis près de dix ans, 2021 montre une croissance qui commence à être en phase avec la feuille de route affichée pour le photovoltaïque par la programmation pluriannuelle de l'énergie. À fin septembre 2021, le parc raccordé photovoltaïque représentait 13 231 MW, soit 2 034 MW mis en service depuis décembre 2020. Cette croissance correspond au triple de celle observée l'année précédente sur la même période (762 MW

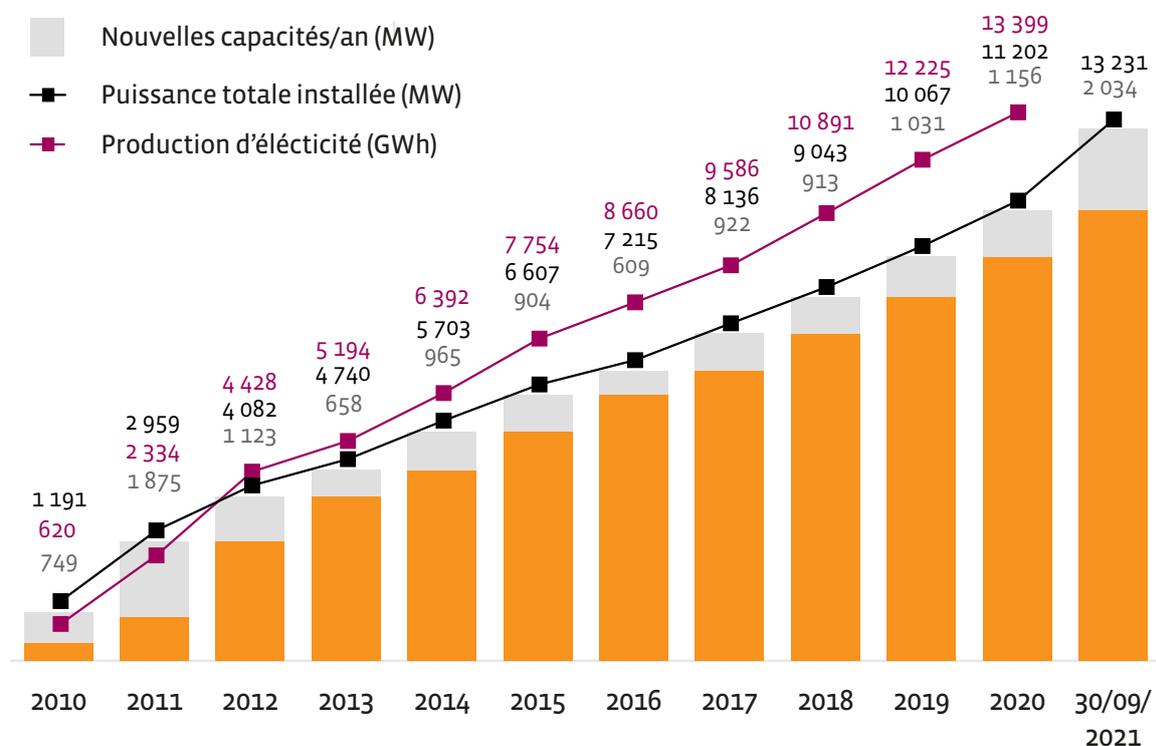
supplémentaires). Le pari n'est toutefois pas gagné car les objectifs sont encore loin (respectivement 20,1 GW à fin 2023 et entre 35,1 et 44,0 GW raccordés à fin 2028) et il faudra conserver, voire renforcer, la dynamique actuelle pour y parvenir.

Au-delà de la croissance du secteur dans son ensemble, les dynamiques des différents segments sont intéressantes à observer. Le graphique n° 2 montre que la très belle dynamique des installations de très grande taille (à partir d'un mégawatt), puisque 839 MW ont été raccordés au cours des deux premiers trimestres 2021, un niveau record encore jamais atteint. C'est ce type de centrales qui est actuellement le moteur de la croissance du photovoltaïque en France. Le

Graphique n° 1

Parc total photovoltaïque et production d'électricité annuelle en France

Sources : Sdes pour les capacités installées, Eurostat pour la production.



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

segment est animé par les projets lauréats des quatre et cinq premières sessions des appels d'offres 4 de la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Cependant, le mouvement 2021 est sans doute exacerbé par le décalage de date de mise en service qu'il y a pu avoir sur des centrales qui initialement étaient programmées pour 2020 mais qui, dû à la crise sanitaire, ont été raccordées plus tardivement. Sur le segment du résidentiel (< 9 kW), la progression des puissances raccordées est également vigoureuse, avec 142 MW de mieux au cours des 9 premiers mois de 2021, soit un volume qui représente plus du double de celui

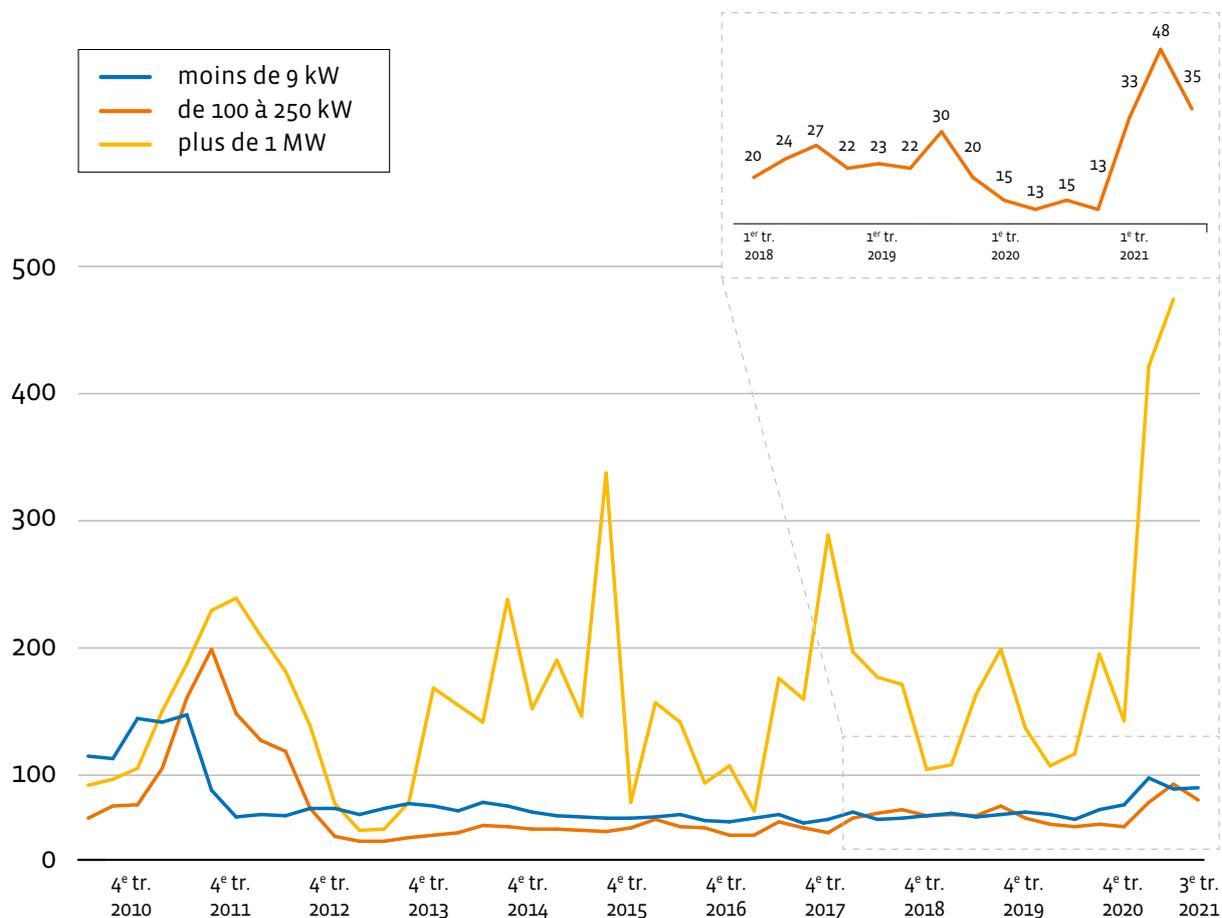
enregistré en 2020 sur la même période (69 MW). L'observation de ces segments va être importante pour confirmer la bonne dynamique dans le temps des sites photovoltaïques en France.

Par ailleurs, l'autoconsommation continue de progresser au sein du parc français. Selon le Service des données et des études statistiques (Sdes) du ministère de la Transition écologique, 26,5 % des installations photovoltaïques de France métropolitaine étaient en mode d'autoconsommation pour au moins une partie de leur production à la fin du troisième trimestre 2021.

Graphique n° 2

Évolution des puissances raccordées par trimestre sur trois segments de marché (en MW)

Source : Observ'ER d'après les chiffres du Sdes et de l'Observatoire de l'énergie solaire photovoltaïque.



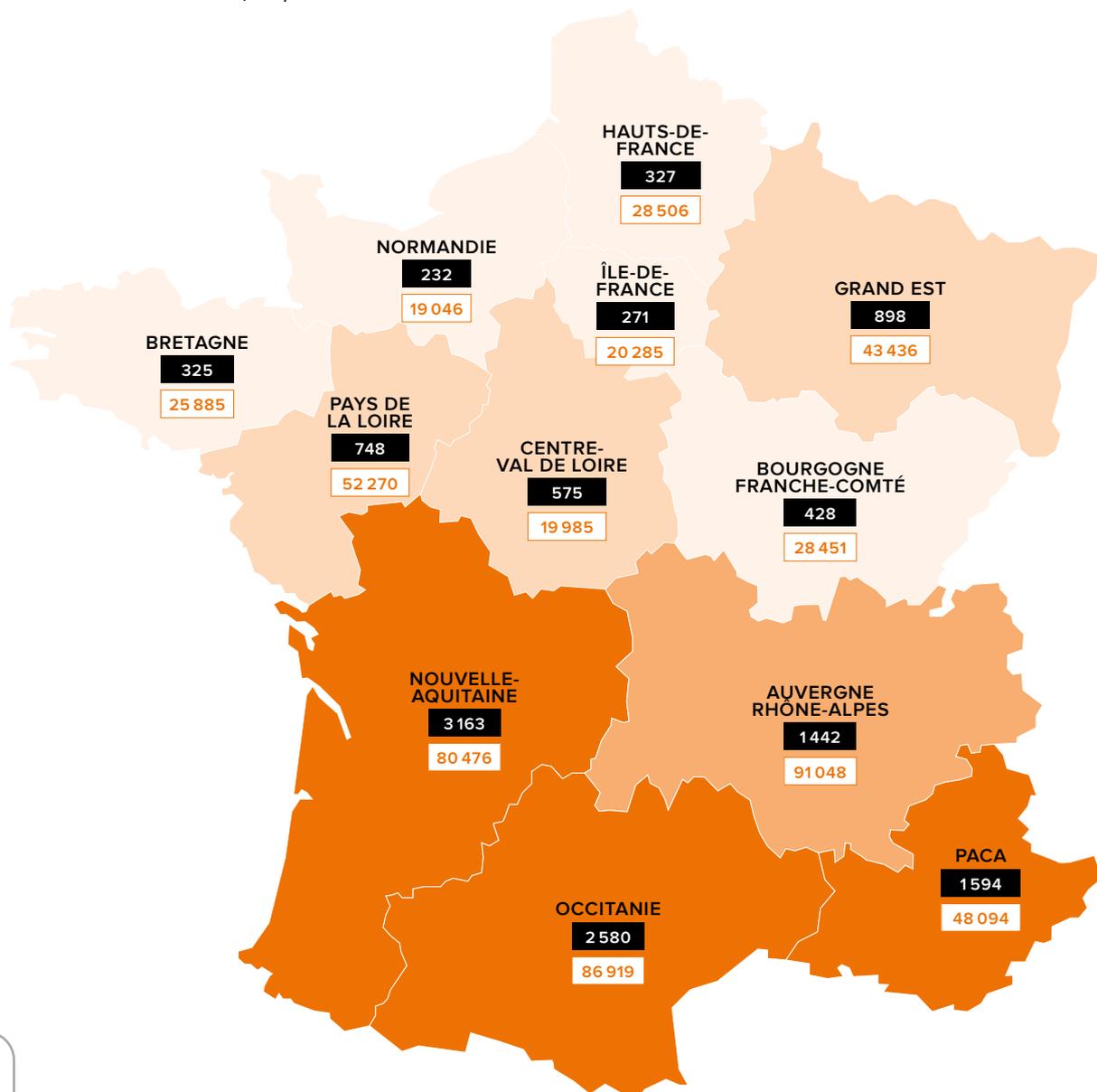
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n°1

Cartographie du photovoltaïque en France à fin septembre 2021

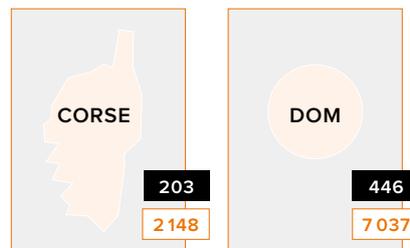
Source : Observ'ER, d'après les chiffres du Sdes.



10 597 Puissance raccordée à fin septembre 2021:

- < 500 MW
- 500 - 1000 MW
- 1000 - 1500 MW
- > 1500 MW

476 473 Nombre d'installations



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

PHOTOVOLTAÏQUE

Cette part représente 6,5 % de la puissance totale installée, un chiffre en hausse de 2,5 points par rapport au trimestre précédent. En termes d'énergie, au cours du troisième trimestre 2021, 165 GWh d'électricité photovoltaïque ont été autoconsommés par les producteurs, soit 3,3 % de la production photovoltaïque du trimestre. Les installations en autoconsommation totale en ont produit 109 GWh, soit près des deux tiers du total autoconsommé.

DES ANNONCES POSITIVES EN 2021

Au-delà des bons chiffres de progression du parc solaire en France, plusieurs annonces faites en 2021 sont venues consolider cette dynamique et notamment celle des installations en toitures ou en ombrières. L'une des plus importantes aura été celle sur la hausse du seuil du guichet ouvert pour les installations en toiture, qui est passé de 100 à 500 kW. Le guichet ouvert désignant le dispositif selon lequel des porteurs de projets peuvent déposer une demande de contrat d'achat (conclu pour une durée de vingt ans) pour leur production électrique sans passer par un appel d'offres. Validé par la Commission européenne, cet arrêté était très attendu par le secteur. Les résultats ne se sont d'ailleurs pas fait attendre, puisque 1300 MW de projets appartenant à cette catégorie ont été raccordés au cours du premier semestre 2021, soit plus qu'au cours de chacune des années depuis 2012. Autre avancée significative, la loi climat et résilience, entrée en vigueur à l'été 2021, stipule qu'un espace naturel ou agricole occupé par une installation de production d'énergie photovoltaïque ne sera pas comptabilisé dans la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers. Le photovoltaïque n'est donc pas considéré comme un facteur d'artificialisation

des sols, à condition que les installations ne soient pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole ou pastorale. Autre élément issu de la loi climat et résilience, l'obligation de solarisation (ou de végétalisation) d'une partie des constructions neuves qui, combinée avec la nouvelle réglementation environnementale (RE2020), devrait conduire à un développement accru des installations solaires en toiture dans le neuf. Enfin, la baisse de 60 à 40 % de la part payée par les producteurs dans le coût de raccordement au réseau électrique devrait également avoir un effet positif. Les frais de raccordement pouvant parfois représenter jusqu'à 15 % du coût total pour les petites opérations, cette baisse améliorera encore la compétitivité d'opérations photovoltaïques.

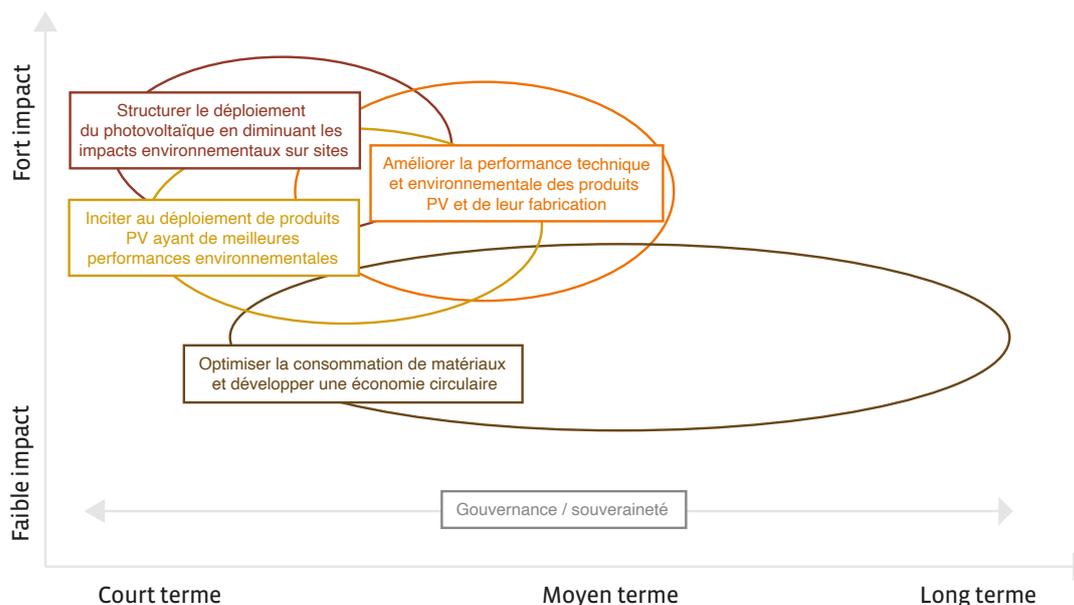
Cependant, face à ces annonces, des événements moins positifs sont apparus sur le marché photovoltaïque qui pourraient ralentir la croissance attendue. 2021 aura ainsi été marquée par une hausse très significative du prix des modules solaires au niveau mondial. Selon PVXchange, distributeur mondial d'équipements photovoltaïques, le prix des modules aurait progressé en moyenne de 20 % sur la période de juin 2020 à 2021. Cette inflation s'explique notamment par la hausse des prix des matières premières (cuivre et acier), la flambée des tarifs du silicium et la forte reprise d'activité en Chine, pays qui absorbe à lui seul un module solaire sur deux fabriqués dans le monde. Le transport est l'autre point noir de la chaîne d'approvisionnement. En plus des délais rallongés, les prix du fret international ont été multipliés par sept ou huit en seulement un an. Là encore, peu de signes d'amélioration en vue car, pour que les prix baissent, il

27 actions pour atteindre l'excellence environnementale

L'Ademe a auditionné 119 acteurs industriels de la chaîne de valeur photovoltaïque dans le but de présenter une feuille de route pour réduire l'empreinte environnementale du secteur. Elle conclut notamment à la nécessité de capitaliser sur l'image positive de la filière pour atteindre « l'excellence environnementale ». L'étude traite d'actions pouvant être regroupées autour de quatre grandes thématiques (représentées dans le graphique ci-dessous), dont la mise en œuvre doit s'effectuer à court (2 à 5 ans), moyen (5 à 10 ans) et long termes (plus de 10 ans). Dans le corpus de mesures présentées, l'Ademe appelle tout particulièrement à favoriser le photovoltaïque sur bâtiment afin de limiter l'empreinte sur les sites d'implantation. Autre domaine d'action important, œuvrer à l'allongement de la durée de vie et au relèvement des performances des modules, des critères qui sont également vus par les acteurs comme des moyens de se différencier sur le marché. La réduction des déchets et le développement de la filière recyclage des panneaux sont aussi un axe mis en avant par la feuille de route. Au-delà de l'action des industriels ou des entreprises du secteur, l'Ademe rappelle le rôle prépondérant joué par les collectivités locales sur des questions comme la planification territoriale, le partage de retours d'expériences ou l'animation d'un réseau de conseillers techniques. Autant de domaines complémentaires aux améliorations technologiques mais qui ont un impact sur l'empreinte environnementale du photovoltaïque en France.

Échelles de temps et impact de la mise en œuvre des clusters thématiques

Source : Ademe 2021.



faudrait que la congestion des conteneurs dans les ports asiatiques soit résolue, ce qui n'est toujours pas le cas. Sur les petites installations résidentielles pour lesquelles les modules pèsent moins lourd dans l'investissement total, cette montée des prix des modules est moins menaçante que sur les centrales de moyenne et grande puissances. Sur ces segments, les développeurs craignent une augmentation durable de leurs coûts qui pourrait les conduire à revoir une partie de leurs investissements et projets.

UNE RELANCE INDUSTRIELLE ESPÉRÉE

Au printemps 2020, alors que la crise sanitaire révélait les difficultés d'approvisionnement de la France dans certains domaines, le gouvernement avait demandé aux filières industrielles de plancher sur les enjeux de réindustrialisation de certaines activités et/ou la sécurisation des approvisionnements stratégiques. Le comité stratégique de filière (CSF) Industries des nouveaux systèmes énergétiques s'était alors saisi du sujet en mettant en avant le secteur du photovoltaïque. Il y a en effet un enjeu et une urgence à construire une filière solaire compétitive en France alors que l'essentiel de la chaîne de valeur de la filière se situe en Asie. Le CSF mettait en avant plusieurs arguments tels que l'automatisation des procédés. Le différentiel de coût de main-d'œuvre entre l'Europe et l'Asie impacte de moins en moins le coût de fabrication des modules photovoltaïques. Par ailleurs, le coût du transport devient proportionnellement plus important dans le prix final. De plus, la chaîne de valeur solaire photovoltaïque ne se limite pas aux cellules, modules et panneaux mais comprend également des domaines moins "visibles" mais tout aussi stratégiques :

câbles électriques, transformateurs, EMS (energy management system), stockage, etc., soit des domaines où l'industrie française compte une centaine d'acteurs, sans parler des intégrateurs, assembleurs, bureaux d'études ou installateurs. Cependant, il y a un pan important de la chaîne de valeur qui est peu présent, celui de la production de cellules et de modules. Si plusieurs entreprises existent, le pays n'a pas de giga factory, soit un centre de production d'au minimum 1 GW de débit annuel capable d'alimenter une bonne part du marché national et de réaliser des économies d'échelle importantes. En France, les deux principaux projets en la matière sont ceux de Belenos et du groupe REC Solar. Le premier est porté par les entreprises françaises Voltec Solar et Systovi et il vise à augmenter leur capacité conjointe de production pour atteindre 1 GW en 2025.

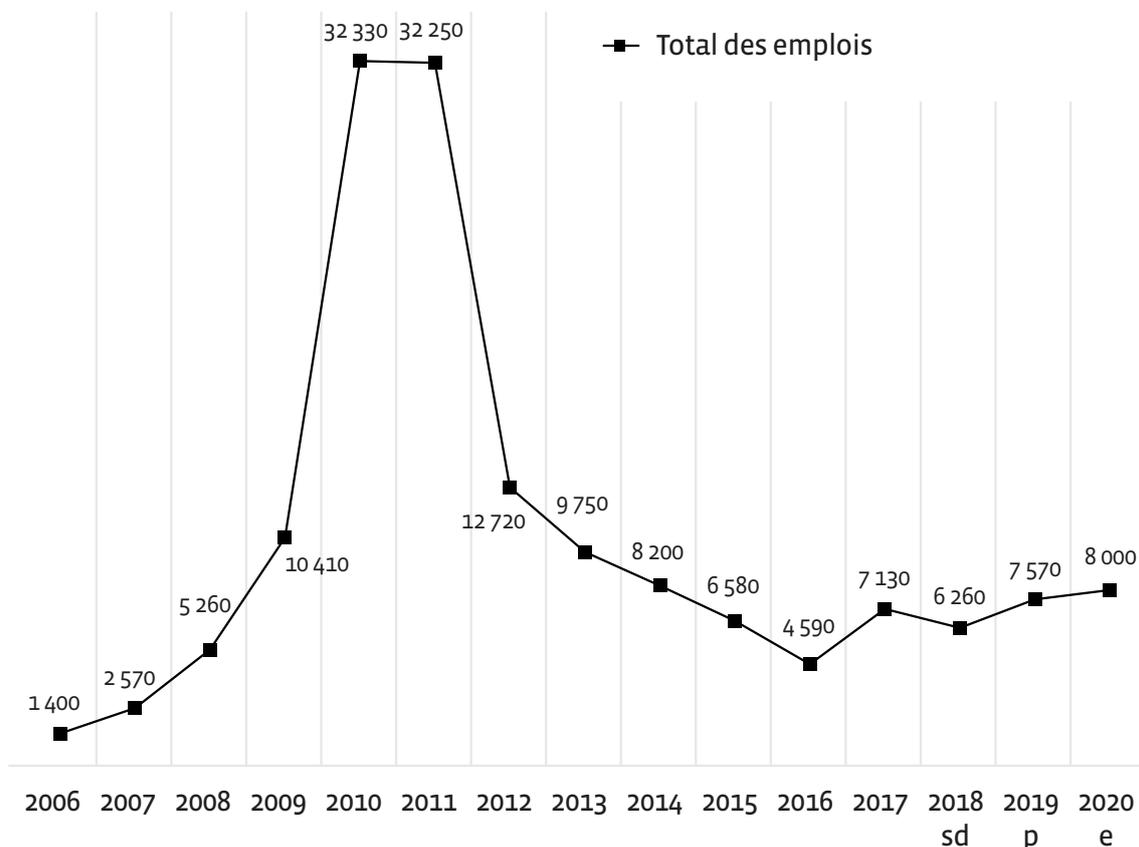
Ce projet a d'ailleurs retenu l'attention de l'État, puisque les deux fabricants ont chacun obtenu une subvention de 600 000 € dans le cadre du programme Territoire d'industrie, issu du plan de relance national. Un coup de pouce bienvenu pour financer les premiers travaux en attendant que d'autres investisseurs mettent également au pot. Cependant, la montée en puissance du programme Belenos est en attente d'une évolution du cahier des charges des appels d'offres de la Commission de régulation de l'électricité (CRE) sur la question du bilan carbone des opérations. Leur souhait est d'avoir une réglementation qui valorise nettement plus les modules produits en France du point de vue du bilan carbone, notamment concernant l'énergie utilisée pour leur production. De son côté, REC Solar a annoncé en 2020 son objectif de réaliser

Graphique n° 3

Emplois dans la filière photovoltaïque française

Source : “Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021.

sd : semi-définitif ; p : provisoire ; e : estimé



un site de production de 1 GW en France à Sarreguemines (Moselle). Le rachat en 2021 de l'entreprise par le groupe indien Reliance n'a rien changé à cette ambition. Cependant, là aussi malgré des déclarations positives du Premier ministre, Jean Castex, au Sénat en mars 2021, qui avait alors affirmé la volonté de l'État de participer à la construction d'une filière photovoltaïque souveraine et durable, le projet est en pause. Comme pour Beunos, il est attendu des gestes forts du gouvernement qui poseraient les bases d'une politique industrielles française pour une relance de la production photovoltaïque en France.

8 000 EMPLOIS FIN 2020

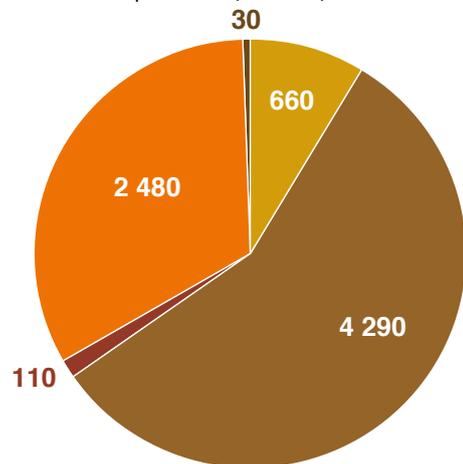
Dans son étude publiée à l'été 2021, “Marché et emplois dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, l'Ademe affiche les dernières évaluations des agrégats socio-économiques du photovoltaïque en France. En termes d'emploi, le secteur représente 8 000 équivalents temps plein (ETP) en 2020, un chiffre en progression de 5,6% par rapport à celui de 2019 (7 570 ETP). Au cours des dernières années, l'évolution du contenu en emplois du secteur a été très erratique (voir graph. n° 3). Après un pic au tournant des années 2010 porté par le fort développement d'installations individuelles, le

secteur a subi un sévère recul. Le segment des installations individuelles ayant fortement chuté au début des années 2010, les installateurs se sont détournés du secteur. Le photovoltaïque s'est ensuite beaucoup plus orienté vers des opérations de plus en plus puissantes où le ratio d'emploi par MW installé est beaucoup plus faible. En termes de détail par étapes de chaîne de valeur, la décomposition la plus récente disponible est celle de 2019 (voir graph. n° 4). Sur le volet de l'activité économique, le chiffre d'affaires du photovoltaïque français est évalué à 4,95 milliards d'euros en 2020. À l'instar de la dynamique des emplois, l'activité a marqué en 2020 une croissance par rapport au niveau de 2019 (+ 8%), mais

Graphique n° 4

Répartition des emplois 2019 selon la chaîne de valeur (ETP)

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.



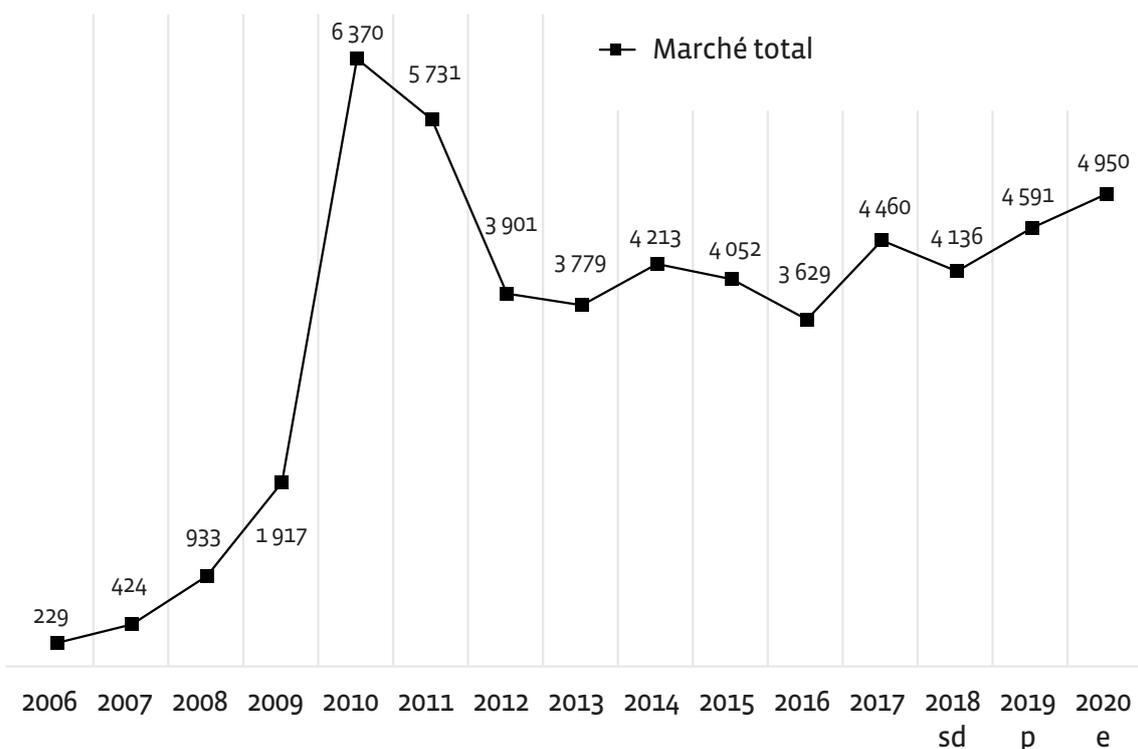
- Fabrication des équipements
- Installation
- Études préalables
- Exploitation et vente de l'énergie
- Lié à l'exportation

Graphique n° 5

Chiffre d'affaires de la filière photovoltaïque française (en M€)

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd : semi-définitif ; p : provisoire ; e : estimé



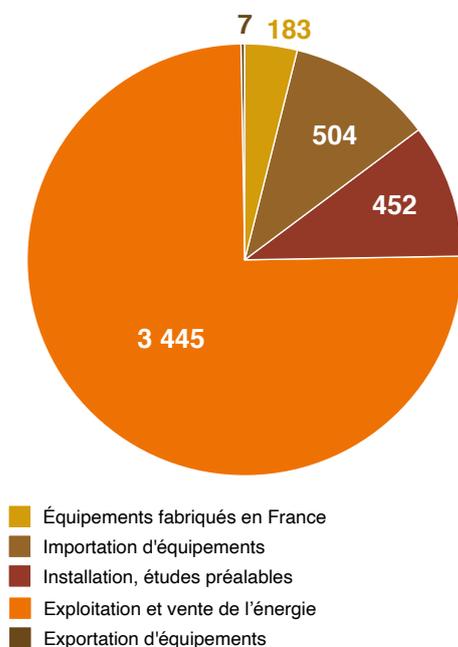
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 6

Répartition du chiffre d'affaires 2019 selon la chaîne de valeur (ETP)

Source : "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.



elle reste en deçà du niveau atteint en 2010 qui culminait à plus de 6,3 milliards.

Dans le détail, le chiffre d'activité 2019 se compose pour sa majeure partie (75 %) de l'exploitation des sites et de la vente de l'énergie. Le deuxième poste est celui des importations d'équipements en France (504 millions, 11 %), suivi de la partie ingénierie et installation (452 millions, soit 9,8%). ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.journal-photovoltaïque.org
- ✓ www.eurobserv-er.org
- ✓ www.ines-solaire.org
- ✓ www.photovoltaïque.info
- ✓ www.enerplan.asso.fr
- ✓ www.enr.fr
- ✓ www.observatoire-energie-photovoltaïque.com



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **Antoine Huard**,
président de
France territoire
solaire

1 Que faudrait-il pour que la filière progresse de 2,5 à 3 GW par an et reste dans la trajectoire de la PPE ?

Il y a eu des avancées, qui ont conduit à un volume 2021 très supérieur aux années précédentes. Mais il reste encore de nombreux freins à lever. Le premier concerne les délais de développement et la lourdeur des procédures d'obtention des autorisations. Il faut au minimum deux ans et demi, et parfois jusqu'à cinq ans voire plus, des délais bien supérieurs à l'Allemagne par exemple, où ils sont en général de l'ordre d'un an. Nous avons d'ailleurs publié avec France territoire solaire un rapport intitulé "Le parcours du combattant" qui analyse les procédures et propose quelques pistes d'amélioration. Le second frein concerne le foncier, lié à des contraintes d'éligibilité dans le cadre des appels d'offres de la CRE. Les projets doivent s'implanter sur des zones classées constructibles dans les PLU, sur certaines zones naturelles à condition qu'il ne s'agisse ni de zones humides ni à défricher, et enfin sur des zones artifi-

cialisées comme des anciennes carrières ou des friches industrielles. Ces critères d'éligibilité créent un effet de rareté artificiel conduisant à une spéculation foncière sur les terrains pertinents. Une partie de la difficulté découle aussi d'un certain manque de confiance de l'échelon national dans ses services déconcentrés, qui se traduit par une superposition entre les règles d'éligibilité des projets. Cet enchevêtrement de règles vient s'ajouter à un mille-feuille de schémas d'aménagement et d'échelons de décision déjà très complexe à appréhender, mais qui rend également très difficile l'arbitrage entre différents objectifs (développement des énergies renouvelables, lutte contre l'artificialisation, protection de la biodiversité, reforestation, etc.). Au-delà de ces enjeux, on peut identifier au moins trois autres freins. D'une part, le manque de visibilité des acteurs de la filière. Prenons l'exemple de l'augmentation à 500 kW du seuil de puissance de l'arrêté tarifaire des toitures : entre l'annonce par la ministre dans la presse et le moment où le décret a été publié, il s'est écoulé près de deux années, pendant lesquelles la filière est restée dans l'incertitude sur des paramètres importants (le niveau du tarif, le volume concerné, l'éligibilité des projets, etc.). D'autre part, l'enjeu grandissant de l'acceptabilité des projets : il est probable qu'il suffirait de quelques contre-références, des projets qui cristalliseraient une opposition, pour créer un risque que tous, bons comme mauvais, soient mis dans le même sac et rejetés en bloc. Il appartient ici à chaque porteur de projets de veiller à leur acceptabilité de manière responsable. Enfin, il y a un dernier frein et non des moindres : le raccordement au



réseau. Même à supposer que le projet soit sur un terrain éligible, que le permis de construire soit obtenu et que le projet fasse consensus localement, il reste la question de la capacité d'accueil des postes. Ces derniers sont de plus en plus saturés, en dépit de quotes-parts S3REN dont le montant représente un coût important et subit une tendance inflationniste. Plus généralement, la problématique du raccordement fait l'objet d'un groupe de travail piloté par la DGEC dans le cadre de la préparation de la PPE, afin de remettre à plat un grand nombre de difficultés identifiées.

2 Trois ans après l'annonce des mesures du plan PlaceAuSoleil, quel bilan faites-vous ?

Tous les trimestres, l'Observatoire de France territoire solaire suit la mise en œuvre des mesures de PlaceAuSoleil. Ce plan lancé par Sébastien Lecornu en 2018 était une initiative louable qui découlait des bons constats, mais dont l'exécution semble avoir été difficile à mener à bien. Le fait que plusieurs ministres se soient succédé sur ces questions n'a certainement pas aidé à assurer une continuité dans le suivi de la mise en œuvre des mesures... Malgré tout, il y a eu de vraies avancées, comme l'élévation du seuil de l'arrêté tarifaire à 500 kW et l'augmentation des volumes des appels d'offres pour les toitures, le maintien de l'exonération de CSPE pour les projets d'autoconsommation individuelle. La Loi énergie climat a permis d'avancer sur des sujets structurants (simplification administrative pour les ombrières, obligation de solarisation des bâtiments, périmètre d'autoconsommation collective). En revanche, plusieurs mesures ne sont pas mises en œuvre, comme la créa-

tion des labels (Ville solaire ou Département solaire), ou demeurent inachevées, comme sur l'autoconsommation collective avec tiers investissement.

3 Comment faire décoller le segment des centrales sur toiture (de 100 kW à 1 MW) ?

L'augmentation du seuil de l'arrêté tarifaire à 500 kW a été une très bonne nouvelle : près de 9000 projets, soit 650 MW, ont été déposés pour le guichet ouvert alors que le décret est entré en vigueur il y a à peine deux mois. Par contre, au-delà de ce seuil de 500 kW, on constate un volume extrêmement faible de projets dont la puissance se situe entre 500 kW et 1 MW. La raison est sans doute liée au fait que ce sont des projets mis en concurrence dans les appels d'offres avec des toitures beaucoup plus grosses, donc généralement plus rentables. Il y a un autre sujet particulièrement problématique, celui de l'assurance. Mus par une sorte de surévaluation du risque, plusieurs assureurs sont sortis du marché solaire, ce qui rend très difficile la concrétisation de nombreux projets en toiture. Autre levier d'amélioration : on se rend enfin compte aujourd'hui qu'il est beaucoup moins coûteux d'anticiper l'intégration des panneaux solaires dès la phase de construction du bâtiment, plutôt que de les rajouter ensuite. C'est pour résoudre cette difficulté que la loi climat et résilience a mis en place une obligation de solariser sur les bâtiments neufs. Mais cela ne s'attaque finalement qu'à une faible proportion des toitures : la question du parc existant reste entière. Équiper ces bâtiments existants implique des surcoûts par rapport à une installation sur bâtiment neuf, or ces projets sont mis en concurrence les uns

PHOTOVOLTAÏQUE

avec les autres. D'immenses surfaces de toitures restent ainsi inoccupées! Or, invoquer ces surcoûts pour ne pas solariser les bâtiments existants, c'est faire l'impasse sur tout ce que l'énergie solaire pourrait leur apporter, par exemple en contribuant à financer des travaux de désamiantage ou de rénovation énergétique, ce qui permet des économies par ailleurs (sur les aides au désamiantage, sur les tarifs sociaux de l'électricité, etc.). La question qui se pose à nous tous collectivement, entreprises, citoyens, pouvoirs publics, est finalement de savoir ce que l'on attend de l'énergie solaire. Voulons-nous produire l'électricité la moins chère possible en sortie de panneaux, ou voulons-nous tirer parti de son plein potentiel et nous en servir comme d'un outil d'aménagement du territoire, de compétitivité industrielle, de rénovation énergétique, de lutte contre la précarité énergétique? ●

Centrale hydroélectrique
de Breil-sur-Roya
(Alpes Maritimes)

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin septembre 2021

25 984 MW

Production électrique en 2020

62,2 TWh

Objectif 2023

25,7 GW

Objectif 2028

Puissance installée

26,4 GW - 26,7 GW

Emplois directs dans la filière en 2020

12 240

Chiffre d'affaires dans la filière en 2020

3 242

millions d'euros

Première des énergies renouvelables électriques françaises, l'hydraulique veut prouver qu'elle dispose réellement d'un potentiel de développement qui peut aller au-delà des objectifs officiellement assignés. Outil de stockage incontournable, la filière veut faire de sa flexibilité son meilleur atout pour progresser.

34

FILIÈRE HYDRAULIQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

L'HYDROÉLECTRICITÉ, PREMIÈRE ÉNERGIE RENOUVELABLE ÉLECTRIQUE EN FRANCE

Avec une capacité installée de 25 984 MW fin septembre 2021, la filière hydraulique reste la première source de production électrique renouvelable dans le mix énergétique français. En 2020, le secteur a produit 62,2 TWh (13,5 % de la consommation nationale annuelle), contre 40,7 TWh pour l'éolien et 13,6 TWh pour le photovoltaïque. Pour 2021, l'orientation de la production est plutôt bonne puisque de septembre 2020 à septembre 2021, la filière a généré 61,7 TW d'électricité, portant son taux de couverture à 13,2 % de la consommation du pays.

Il existe plus de 2 300 centrales hydroélectriques sur l'ensemble du territoire français, dont moins d'une centaine (95 sites) sont des grands barrages ayant une puissance comprise entre 50 et 600 MW. Géographiquement, deux zones se distinguent pour l'implantation des sites : les Alpes et les Pyrénées. Au 30 septembre 2021, les trois principales régions que sont l'Auvergne Rhône-Alpes, l'Occitanie et la Provence-Alpes-Côte d'Azur représente 80 % de la puissance hydroélectrique du pays.

UN POTENTIEL VALORISÉ PAR QUATRE GRANDES TECHNOLOGIES

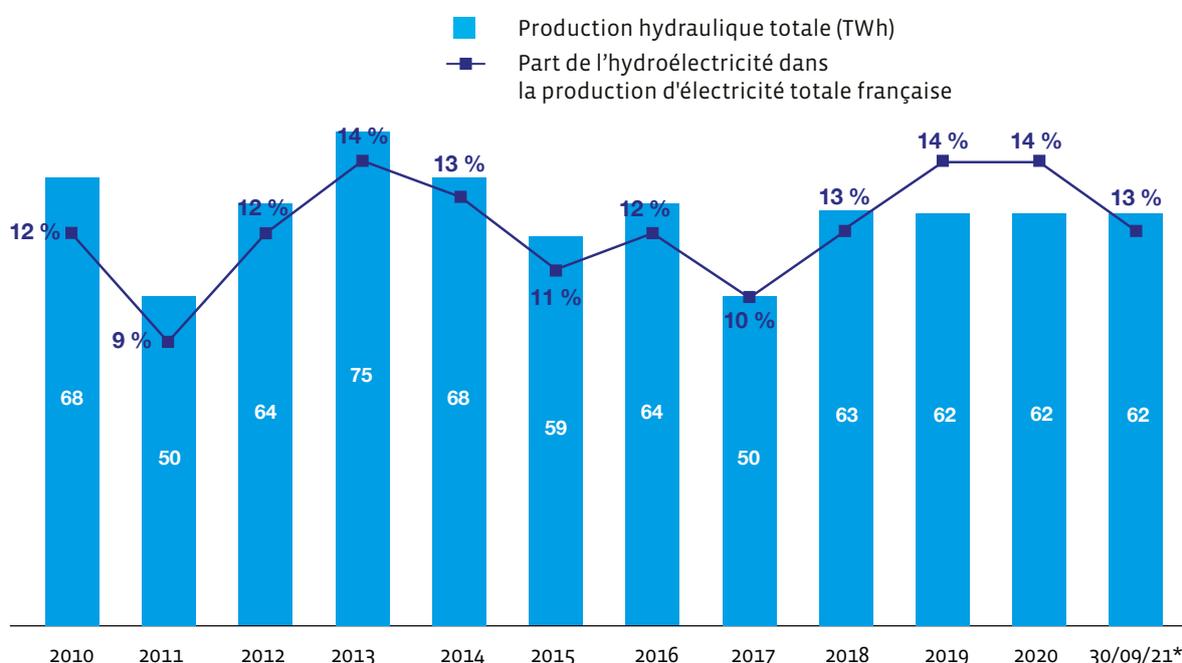
Le potentiel hydroélectrique français est valorisé par quatre



Graphique n° 1

Production d'électricité hydraulique en France

Sources : Sdes 2021 ; SER pour les données au 30 septembre 2021.



* chiffres sur 12 mois glissants d'octobre 2020 à fin septembre 2021.

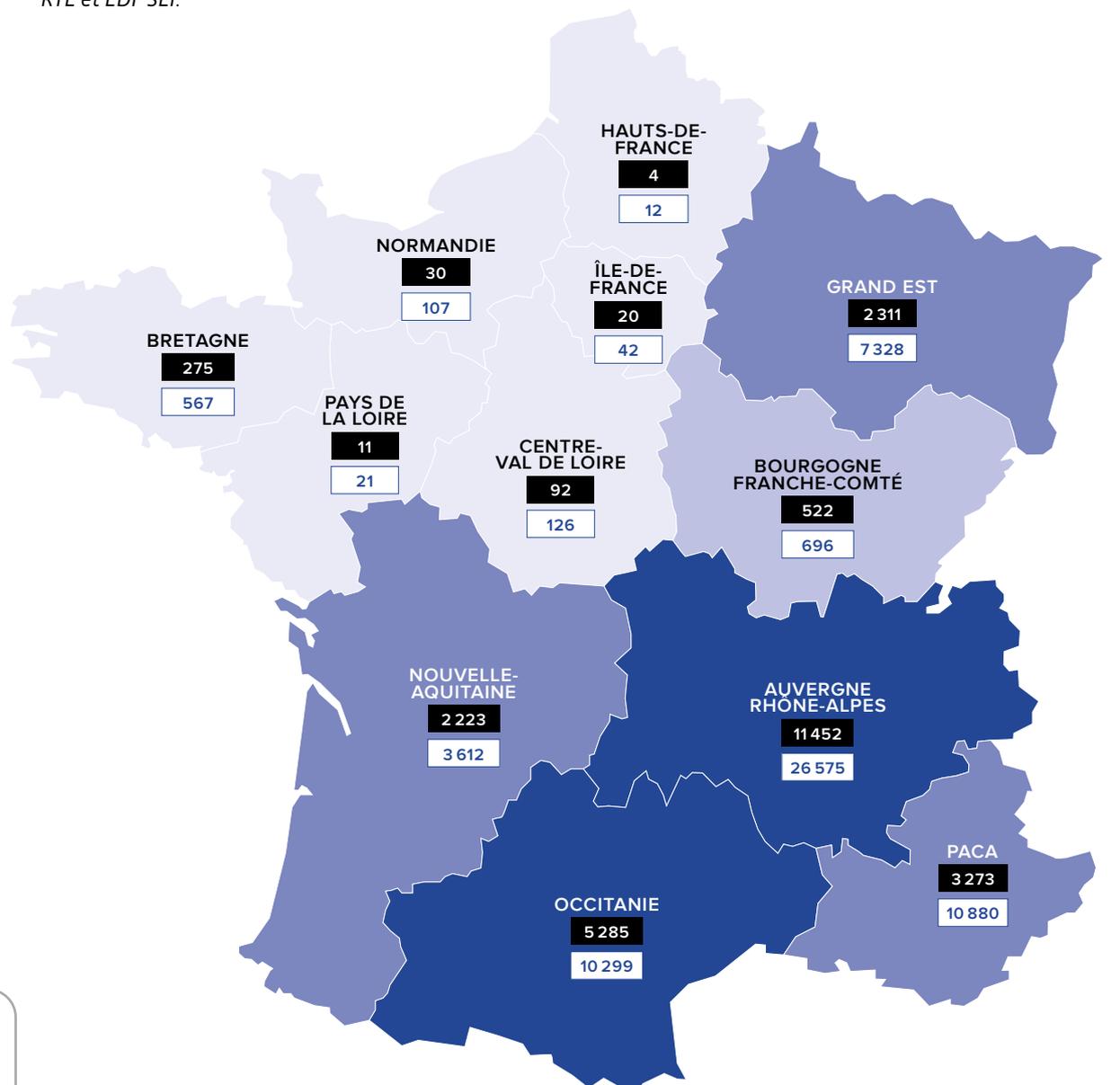
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n°1

Répartition du parc hydraulique français raccordé au 30 septembre 2021 et production annuelle sur une année glissante

Source : Panorama de l'électricité renouvelable en France au 30 septembre 2021 – SER d'après données Enedis, RTE et EDF SEI.

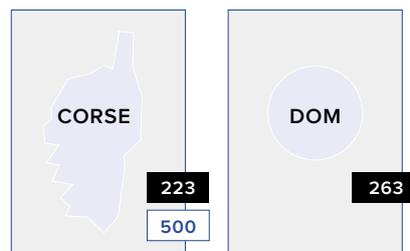


36

25 962 Capacité (MW)

- < 500 MW
- 500 - 1000 MW
- 1 000 - 5 000 MW
- > 5 000 MW

63 527 Production (GWh)



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

grandes technologies : les centrales au fil de l'eau, les centrales de lac et d'éclusee et les stations de transfert d'énergie par pompage (Step).

Les centrales au fil de l'eau sont les plus nombreuses sur le territoire (env. 1900) et génèrent plus de 50 % de la production hydraulique, mais, du fait de leur petite puissance nominale, elles ne représentent que le deuxième type d'aménagement en termes de puissance (env. 6 700 MW). Non équipées de retenues d'eau, elles assurent une production en continu tout au long de l'année et participent ainsi à la base du mix énergétique national.

Les centrales de lac sont associées à des barrages. Elles constituent un tiers de la puissance installée (env. 10 300 MW) et, malgré un petit nombre d'installations (une centaine), concentrent près de 60 % de la capacité de production nationale hydroélectrique. Cette technologie représente une puissance très rapidement mobilisable en période de pointe de consommation.

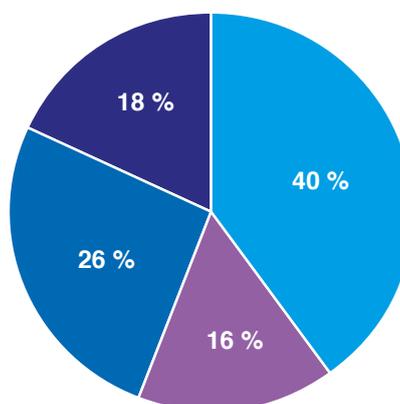
Les centrales d'éclusee, également dotées d'une retenue d'eau, permettent un stockage quotidien ou hebdomadaire de quantités moyennes d'eau disponible en cas de pic de consommation. Cette technologie représente environ 4 100 MW installés, pour 150 centrales, et un potentiel de production de 10,6 TWh.

Les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) ne sont pas tout à fait considérées comme des sites de production ; elles constituent davantage des lieux de stockage d'énergie sous forme d'une eau pompée dans un réservoir amont et peuvent être turbinée en cas de besoin énergétique. L'Hexagone recense une dizaine de Step, pour une puissance cumulée de 4 600 MW.

Graphique n° 2

Répartition des capacités hydrauliques sur le réseau de transport par types de centrale

Source : Panorama de l'électricité renouvelable en France au 30 septembre 2021 – SER d'après données Enedis, RTE et EDF SEI.



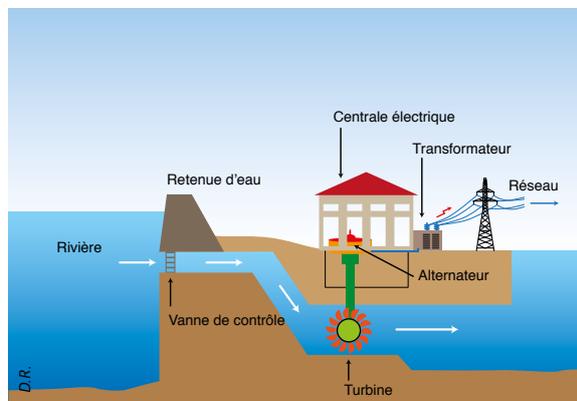
QUELS OBSTACLES ET ENJEUX ?

Le parc de puissance hydroélectrique français évolue très peu et ce depuis de nombreuses années. Le segment des grands barrages n'offre pratiquement plus de possibilité d'accroissement sur le territoire car tous les sites exploitables ont été équipés au cours du siècle dernier. Ces infrastructures sont complexes à réaliser sur le plan technique et impliquent des impacts environnementaux importants. Ces barrages peuvent notamment impliquer des chantiers sur plusieurs années avec parfois la nécessité de déplacer des populations. De plus, ces réalisations sont très capitalistiques et reposent sur un modèle économique qui se projette sur le très long terme (plusieurs dizaines d'années voire un siècle). Dans le contexte actuel de forte volatilité des prix du marché de l'électricité et d'un recul du soutien de l'État en termes de garantie financière,

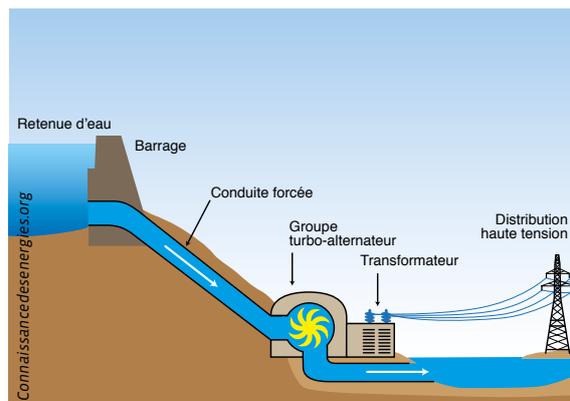
Schéma n° 1

Schémas des différentes technologies d'ouvrages hydroélectriques

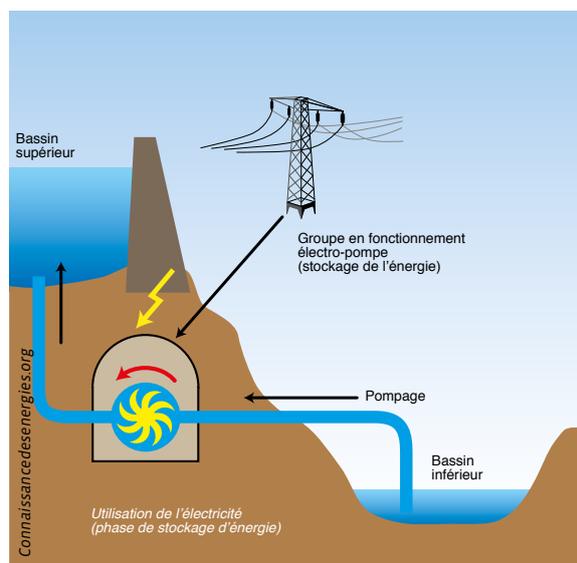
Source : Observ'ER 2015.



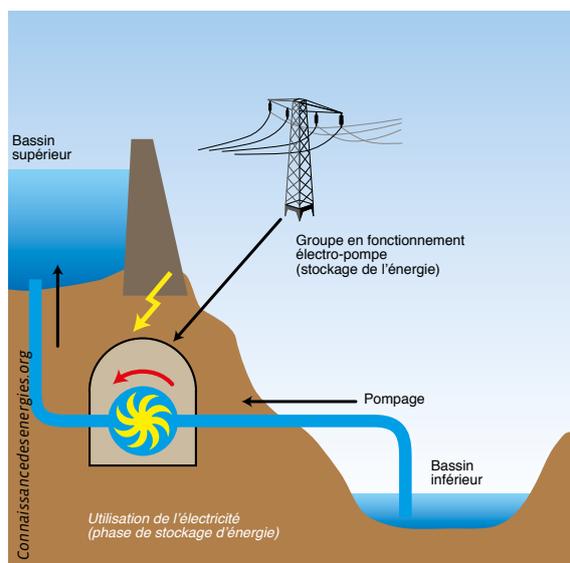
Centrale au fil de l'eau



Centrale de lac



Step en phase de stockage



Step en phase de production

38

il est difficile d'envisager de nouveaux projets en France. Sur le segment de la petite hydraulique (jusqu'à 12 MW), la situation est différente. En effet, en matière de développement, le segment dispose d'un réel potentiel qui a été déjà plusieurs fois identifié. En 2014, un travail a été mené par la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB), les directions régionales de l'environnement,

de l'aménagement et du logement (Dreal) et les producteurs. Il en était ressorti un potentiel estimé à 11,7 TWh de production supplémentaire, réparti entre des installations nouvelles (10,3 TWh par an) et l'équipement de seuils existants (1,4 TWh par an). Ces résultats étaient sensiblement proches de ceux établis en 2012 par l'Union française de l'électricité (UFE) lors d'un exercice comparable. Il s'agit cependant d'un potentiel théorique qui ne

prend pas en compte la maîtrise des impacts environnementaux. Or près de trois quarts de ce potentiel sont impossibles à exploiter du fait du classement en liste 1 de nombreux cours d'eau. Cette liste recense les cours d'eau en très bon état écologique ou identifiés comme jouant un rôle de réservoir biologique. Aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique.

L'accroissement de la production hydraulique est en outre impacté par l'augmentation des débits réservés qui est pleinement entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2014. Les "débits réservés" correspondent aux débits minimaux que les propriétaires d'ouvrages doivent maintenir dans les cours d'eau de façon à garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes. Une fois ce cadre réglementaire posé, on comprend que le développement sur le terrain de l'hydroélectricité soit lent. 2021 a cependant été marquée par la victoire des promoteurs de la filière avec l'introduction d'une proposition de loi tendant à inscrire l'hydroélectricité au cœur de la transition énergétique et de la relance économique. L'article 5 promet l'interdiction de la destruction des seuils des moulins pouvant potentiellement être équipés en hydroélectricité, mais également la possibilité de déclassement des cours d'eau de la liste 1 si les critères de classement ne sont pas réunis lorsqu'il empêche la réalisation d'un ouvrage hydroélectrique.

Malgré ces obstacles, des réalisations se font en France. Pour preuve, la Compagnie nationale du Rhône (CNR), qui a commencé la construction d'une centrale de 11 MW en Isère, son premier chantier d'envergure depuis le barrage de Sault-Brénaz en 1986. Il s'agit d'une centrale de haute chute sur

la Sarenne pour laquelle la CNR a choisi deux turbines de 5,5 MW fournies par SDEL Actemium. Assez rare pour être souligné, ce projet montre qu'il est encore possible de développer des installations relativement conséquentes en France, l'ensemble des contrats représentant un investissement de 38 millions d'euros pour la CNR.

Plus discrète, et portée cette fois-ci par EDF via sa filiale Shema, une centrale de 3,5 MW devrait être mise en service sur l'Allier fin 2022, en amont d'un barrage existant. Dans les Alpes, la commune de Saint-Gervais, en Haute-Savoie, compte également s'équiper d'une nouvelle centrale hydroélectrique (la quatrième avec celles au Fayet, à Bionnay et au Râteau) d'une puissance de 3,2 MW, sur le torrent de Miage. Au printemps a été signé un bail entre la mairie de Saint-Gervais et la société CH Miage, filiale de TotalEnergies renouvelables, pour une durée de soixante ans (jusqu'en 2081). La commune se distingue par son autonomie énergétique, elle qui produit déjà près de cinq fois plus d'électricité qu'elle n'en consomme.

Enfin, de nouvelles stations de transfert par pompage (Step) sont également envisagées dans le bassin Adour-Garonne (bassin hydrographique à cheval entre les régions Occitanie et Nouvelle-Aquitaine). En effet, une réflexion globale sur la gestion de l'eau est en train d'être menée par le Conseil général de l'environnement et du développement durable, et celui de l'alimentation et de l'agriculture, à la demande des ministères de l'Écologie et de l'Agriculture. Son objectif est notamment de déterminer les conditions d'une plus grande sollicitation des barrages. L'un des objets de ce travail est d'examiner la faisabilité juridique d'une participation de l'agence de l'eau et des collectivités à des investissements dans des Step.

Des acteurs français très actifs à l'international

Forts d'un savoir-faire centenaire, les acteurs français sont reconnus pour leur capacité à développer des projets de très grande envergure. Ainsi, l'un des derniers programmes importants menés par EDF a été la centrale hydroélectrique de Sinop de 402 MW au Brésil, mise en service fin 2018. En Afrique, notamment subsaharienne, où les ouvrages existants utilisent moins de 5 % du potentiel disponible, l'électricien français est associé à la construction et l'exploitation d'un barrage sur le fleuve Sanaga au Cameroun. En 2018, suite à la signature d'un accord entre EDF, le gouvernement camerounais et la Société financière internationale (IFC, appartenant au groupe de la Banque mondiale), est lancé le projet de développer une infrastructure de 420 MW sur le fleuve Sanaga en amont de la ville de Nachtigal. L'entreprise française NGE, spécialisée dans le BTP, est notamment impliquée dans les travaux qui ont débuté en 2019. Pour le Cameroun, ce nouveau barrage représentera une augmentation de la production nationale d'électricité de 30 % lors de sa mise en service prévue en 2023. L'activité sur le continent africain pourrait bien continuer dans le cadre d'un autre projet au Malawi cette fois, pour lequel un consortium composé d'EDF et SN Power (récemment acquise par le groupe Scatec) a été préqualifié. Il s'agit d'une centrale de 350 MW au sud du pays sur la rivière Shire, affluent du Zambèze. Le consortium doit à présent proposer un projet détaillé qui satisfasse les critères du gouvernement du Malawi.

LA FLEXIBILITÉ, L'ATOUT MAÎTRE DE LA FILIÈRE

Les ouvrages hydroélectriques constituent aujourd'hui le principal outil de stockage de l'électricité à grande échelle et occupent, à ce titre, un rôle particulier dans la transition énergétique française. Sur le plan électrique, cette transition doit s'appuyer sur trois piliers : le déploiement des énergies renouvelables, un renforcement des réseaux axé sur des schémas régionaux et la diffusion de technologies de stockage. Ces dernières sont encore rarement matures sur le plan économique et seules les Step, les centrales d'éclusées, les lacs de barrage ou les centrales au fil de l'eau sont capables de stocker un surplus d'électricité sur le réseau et d'y injecter rapidement de l'énergie en cas de besoin. Les sites contribuent également à la stabilisation de la fréquence de

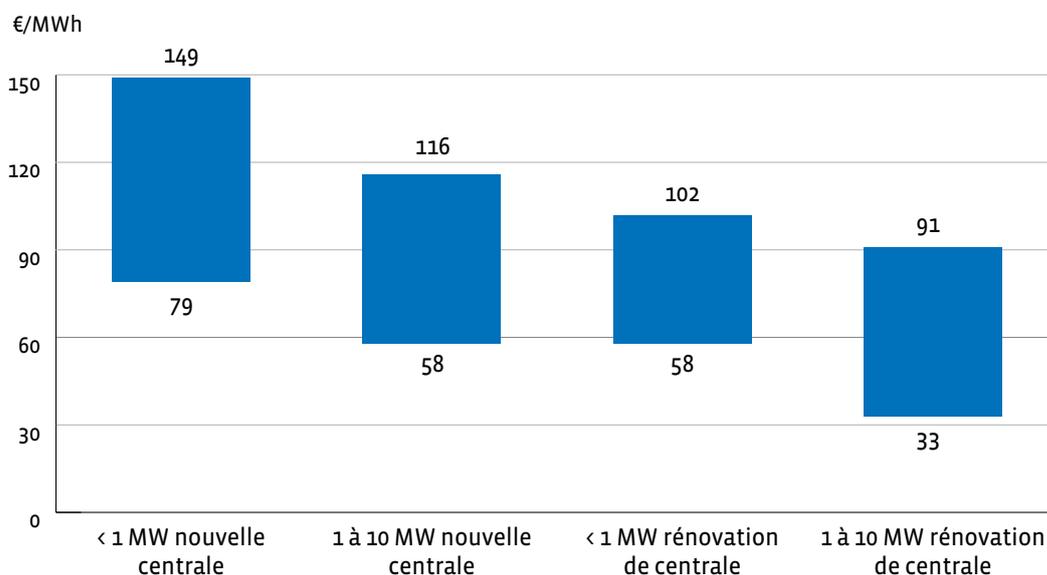
l'énergie sur les réseaux en temps réel. Cette flexibilité d'intervention rapide est un des volets centraux de la transition énergétique française, puisque le pays a planifié une très forte pénétration des technologies renouvelables variables dans son mix électrique. Ainsi, les différents scénarios présentés par RTE pour l'horizon 2050 nécessitent au moins 61 GW de capacité de flexibilité, dont 8 GW pourraient être fournis par des stations de pompage hydrauliques (contre 5 GW aujourd'hui). Par ailleurs, la PPE envisage la possibilité d'avoir 1,5 GW supplémentaire issu de l'hydraulique entre 2030 et 2035, et 3 GW d'ici 2050. 14 GW d'hydroélectricité sont déjà certifiés sur le registre du mécanisme de capacité, il s'agit d'un dispositif instauré par les articles L. 335 et R. 335 du code de l'énergie visant à garantir une certaine sécurité

Des coûts de production qui varient en fonction des caractéristiques des centrales

Les coûts complets de production de la filière hydraulique française varient suivant de nombreux critères en fonction des caractéristiques des ouvrages, des puissances installées, des hauteurs de chute ou de l'hydrologie des sites. Globalement, l'étude de l'Ademe sur les coûts des énergies renouvelables les évalue entre 58 et 149 € le MWh pour les nouvelles installations et entre 33 et 102 € le MWh pour les rénovations. Les coûts les plus faibles sont observés sur le segment de la rénovation des centrales de petite hydraulique (compris entre 1 et 10 MW). Cependant, si un potentiel existe sur ce type d'ouvrages, la réalisation de nouvelles opérations s'avère peu fluide sur le terrain.

LCOE de la petite hydroélectricité

Source: "Coût des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



Bien que mature, la filière hydraulique pourrait à l'avenir voir ses coûts de production grimper pour respecter des contraintes environnementales (turbines et prises d'eau ichtyo-compatibles, débits réservés), mais également avec la réduction du facteur de charge des centrales induite par la diminution du débit des cours d'eau.

d'approvisionnement électrique. Concrètement chaque fournisseur d'électricité doit prouver sa capacité (proportionnelle à la consommation de ses clients lors des périodes de pointes) via des garanties de capacité obtenues auprès de producteurs à la demande (comme les centrales hydro-

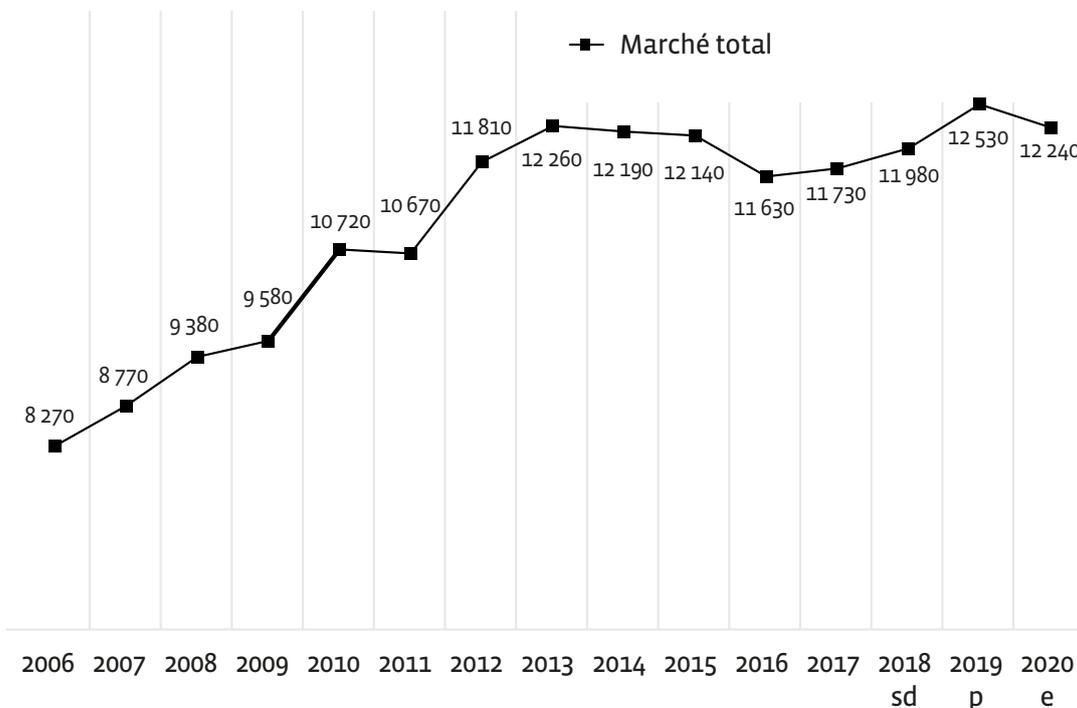
électriques pilotable) ou d'opérateur d'effacement. Les 4 100 MW de centrales d'écluses ont la puissance de modulation de plusieurs milliers de batteries. Mais la filière appelle depuis de nombreuses années les pouvoirs publics à prendre en considération les besoins croissants de

Graphique n°2

Emplois directs dans la filière hydraulique française

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd: semi-définitif; p: provisoire; e: estimé



flexibilité de mix électrique français, et à mettre en place des mécanismes supplémentaires, plus fins, pour rémunérer la flexibilité offerte par les ouvrages hydrauliques qui, d'après une étude commandée par FHE au cabinet Compass Lexecon, représenteraient près de la moitié de la flexibilité sur le réseau français. Cette étude a réalisé une simulation pour 2050 basée sur un mix électrique formé à 70% par les filières variables, 10% par l'hydroélectricité et 20% par le nucléaire. Les besoins de flexibilité seraient multipliés par cinq, notamment sur 24 heures ou sur une semaine. L'hydraulique pourrait répondre pour une bonne part à ces défis d'équilibrage, mais le secteur a besoin pour cela d'un mécanisme rémunérateur pour ce service qui n'existe actuellement pas dans le

système français. FHE s'est intéressé à des pistes expérimentées à l'étranger, notamment en Allemagne où des plateformes locales de marché de l'électricité mettent en rapport besoin et offre de flexibilité tout en définissant un prix pour ce service.

PLUS DE 12 000 EMPLOIS ET 3,2 MILLIARDS DE CHIFFRE D'AFFAIRES

Dans son étude annuelle, "Marché & emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", l'Ademe estime l'emploi du secteur hydroélectrique à 12 240 équivalents temps plein (ETP) en 2020, et à 12 520 ETP en 2019. Ainsi, depuis 2012, l'emploi se maintient entre 11 000 et 13 000 ETP. Le détail

de la composition des emplois de 2019 (année la plus récente pour laquelle cette décomposition est disponible) montre la forte part des emplois liés à l'exploitation et à la maintenance des centrales. Un résultat logique pour un secteur où la réalisation de nouvelles centrales, ou la modification d'anciennes, ne représente qu'une toute petite partie de l'activité économique.

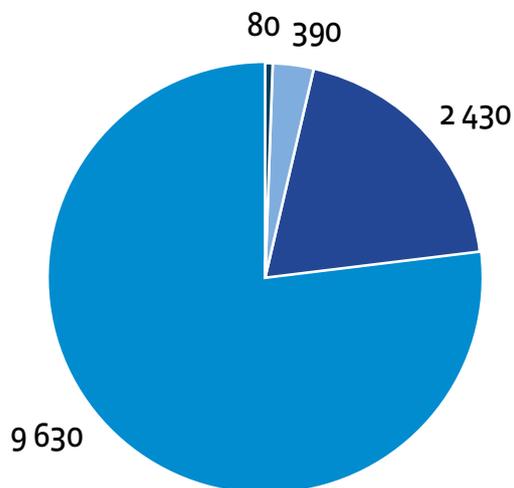


- Exploitation et vente de l'énergie
- Génie civil, études
- Fabrication des équipements
- Liés à l'exportation

Graphique n° 3

Répartition des emplois 2019 selon la chaîne de valeur (ETP)

Source: "Marché & emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

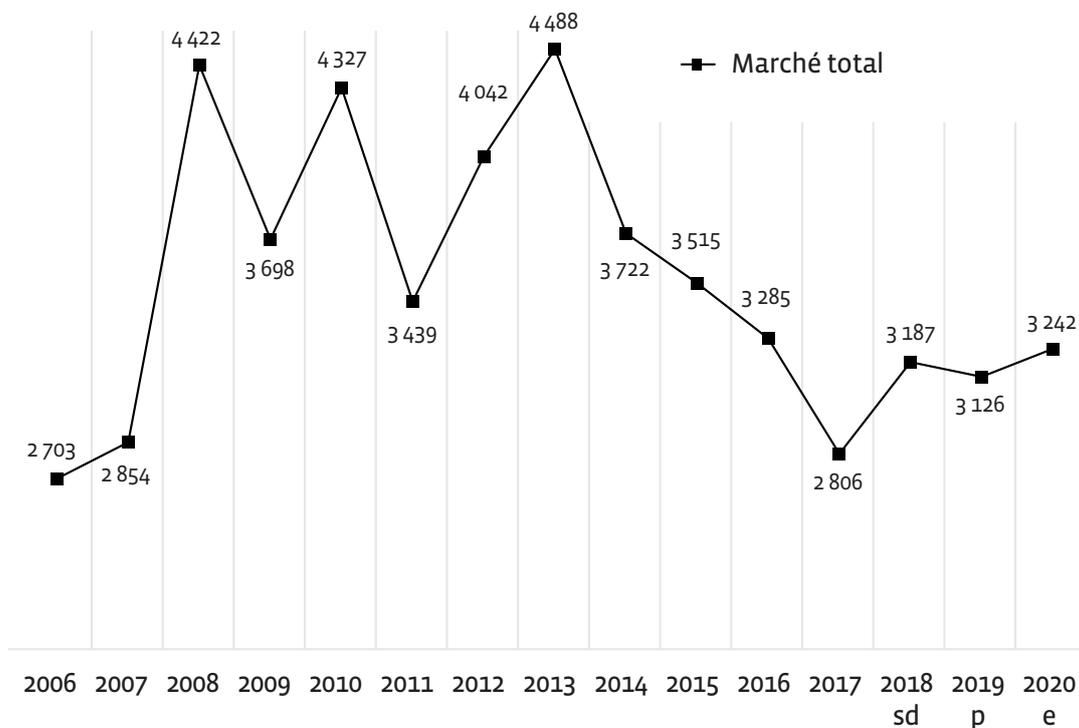


Graphique n° 4

Chiffre d'affaires de la filière hydraulique française (en M€)

"Marché & emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd: semi-définitif; p: provisoire; e: estimé



Observ'ER

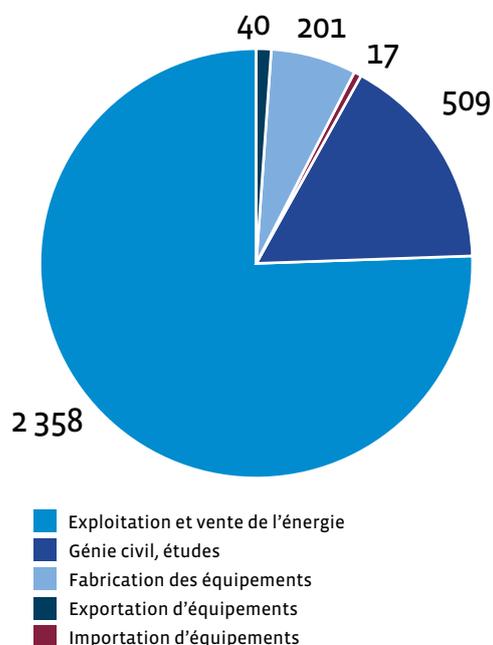
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

En matière de chiffre d'affaires, le secteur oscille autour de 3 milliards d'euros par an. Si la partie ingénierie française se porte bien (voir encadré), une ombre plane sur les activités plus industrielles et notamment le devenir de GE Hydro France. Issue du rachat des activités "énergie" d'Alstom à General Electric en 2015, cette filiale est spécialisée dans la production de turbines hydrauliques de grande puissance. En 2019, elle affichait un chiffre d'affaires de 212 M€ (avec une partie en ingénierie et études), dont 84 % à l'exportation, et employait près de 750 salariés. Cependant, en 2017, GE Hydro annonçait l'arrêt de la fabrication des turbines hydrauliques sur son site de Grenoble et, en 2021, le groupe a annoncé la fermeture de son site de Belfort, site de fabrication des alternateurs pour barrages hydroélectriques. La fermeture des sites de GE Hydro France n'est pas une bonne nouvelle pour la filière, mais il existe par ailleurs une quinzaine d'autres entreprises françaises fabriquant des turbines, dont notamment Hydro Power Plant (HPP), Fugu-Tech, M2J Technologies, Turbiwatt et Mecamidi. ●

Graphique n° 5

Répartition de l'activité économique 2019 selon la chaîne de valeur

Source: "Marché & emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.



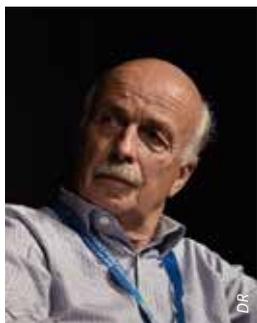
Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.france-hydro-electricite.fr
- ✓ www.hydro21.org
- ✓ www.barrages-cfbr.eu
- ✓ Les pages du SER consacrées à la filière : www.enr.fr



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Ghislain Weisrock**,
réfèrent Europe et
système électrique,
France Hydro
Électricité

1 Quelle place pour l'hydroélectricité dans le futur mix énergétique qui se dessine à horizon 2050 ?

Le bilan prévisionnel à 2050 de RTE diffusé le 25 octobre dernier confirme le rôle de l'hydraulique dans le futur système électrique français et les conclusions de l'étude menée par Compass Lexecon sur sa contribution aux besoins de flexibilité. Dans le même temps, il fait écho aux dossiers européens en cours dans leurs conséquences sur l'hydroélectricité, que ce soit la décarbonation du système électrique avec notamment la révision du guide des aides d'État ou la stratégie pour la biodiversité dont le programme de Rivières sauvages ou le cadre de financement des activités "vertes" Taxonomy. Les travaux de RTE mettent en lumière la nécessité de développer toutes les énergies renouvelables quels que soient les scénarios pour atteindre la neutralité carbone. L'hydraulique est à développer dans le respect de la biodiversité. Le potentiel mis en évidence par l'État en 2013 n'a pas changé : 12 TWh de potentiel hors contrainte administrative notamment en petite hydraulique.

Loin d'être un obstacle à la biodiversité, l'hydraulique y participe pour peu que l'on s'inscrive dans la démarche de "nouvelle conservation" qui regarde la biodiversité du futur et non un retour à un hypothétique passé idéalisé. Au-delà des technologies avancées pour assurer la migration des poissons, le transit des sédiments, beaucoup d'aménagements hydroélectriques sont des sources de biodiversité. Le changement climatique va accroître leur intérêt. Les retenues d'eau vont jouer un rôle de plus en plus important dans l'atténuation de son impact sur la biodiversité et les besoins humains soit par la gestion quantitative des volumes et débits, soit comme refuges de biodiversité.

2 Le paquet climat en discussion à la Commission européenne devrait-il impacter la filière hydro ?

RTE confirme qu'il n'y aura pas de développement des énergies renouvelables sans soutien public ou PPA. C'est le cas pour l'hydroélectricité. À ce titre, la fixation de nouveaux seuils en discussion dans la révision du guide des aides d'État qui conditionnent l'accès au soutien financier pour la création comme pour la rénovation des centrales existantes est critique. Les petits entrepreneurs, que la Commission encourage par ailleurs, ne peuvent pas supporter le risque d'importants coûts échoués en cas d'échec à un appel d'offres pour le développement de l'hydraulique. Abaisser



ces seuils à partir desquels il faut passer par une procédure d'appel d'offres serait fatal pour les petites entreprises d'hydro-électricité. Par ailleurs, l'obtention par le gouvernement de l'accord de la Commission européenne au titre des aides d'État, pour un tarif de rénovation des petites centrales de plus de 1 MW représente un potentiel d'énergie renouvelable existant qu'il serait dommage d'abandonner vu les ambitions à l'horizon 2050.

3 D'où viennent actuellement les freins au développement de l'hydroélectricité? Quelles sont les opportunités?

Comme le dit RTE, l'accès à des sources de financement à coût raisonnable est essentiel pour des activités capitalistiques comme l'hydraulique. Si le premier acte délégué de Taxonomy classe le développement de l'hydraulique dans les activités vertes pour sa contribution à l'atténuation du changement climatique, certains groupes de travail tentent d'exclure la petite hydraulique de sa contribution à la rénovation environnementale. Surtout, les arguments employés à ce propos sont fallacieux prétendant que l'apport en énergie renouvelable ne compense pas l'impact environnemental, ce que démentent de nombreux rapports scientifiques. Substituer 7 TWh de production électrique hydraulique par d'autres technologies renouvelables sera difficile. Les petites centrales hydroélectriques apportent beaucoup aux réseaux locaux de distribution alors que le bilan prévisionnel de RTE souligne l'énorme effort d'adaptation qui sera nécessaire pour accueillir les énergies renouvelables variables.

La flexibilité va être au cœur de la réussite vers la décarbonation du système électrique français. RTE met en avant que développer la flexibilité de l'hydraulique est une option sans regret sur le plan technique et économique: des nouvelles stations de pompage pour 3 GW, le sur-équipement des lacs pour près de 1 GW. Quand ce même bilan prévisionnel révèle qu'un investissement de 63 milliards d'euros sera nécessaire dans le réseau de distribution pour accueillir les EnR variables non pilotables, notamment s'il s'agit de photovoltaïque réparti, la petite hydro a une opportunité à saisir car elle peut être très complémentaire du PV de par sa localisation. L'étude Compass Lexecon montre qu'une petite centrale hydraulique renforce par ses capacités de pilotage de près de 20% la capacité d'une ligne de distribution à accueillir du photovoltaïque dans une vallée. Le potentiel de flexibilité de la petite hydro représente plusieurs milliers de batteries. C'est aussi vrai des centrales au fil de l'eau en général comme des centrales dites d'éclusées pour peu que l'on optimise leur fonctionnement. Le coût de la flexibilité fait la différence entre les scénarios du bilan prévisionnel 2050. L'hydro peut fournir de la flexibilité de façon compétitive à condition d'établir un modèle économique pertinent et surtout à condition de ne pas entamer son potentiel par des politiques inefficaces de protection de l'environnement. ●

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Centrale de cogénération
biomasse de Lanvian, située
à Guipavas près de Brest
(Bretagne).



Essentiellement tournées vers la production de chaleur, les centrales biomasse jouent tout de même un rôle dans le mix électrique national avec près de 800 MW de puissance et 3,7 TWh d'énergie. Le secteur s'est développé au rythme des appels d'offres CRE, dont le dernier date de 2018, mais la programmation de l'énergie 2020 ne prévoyant pas d'autre appel d'offres d'ici à 2028, les acteurs s'interrogent sur l'avenir du secteur.

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin 2021

784,32 MWe

Production électrique en 2020

3 690 GWh

Objectif à fin 2023

800 MWe

Objectif à fin 2028

800 MWe

*Emplois directs dans la filière en 2020
(toutes valorisations énergétiques confondues)*

6 800

*Chiffre d'affaires dans la filière en 2020
(toutes valorisations énergétiques confondues)*

1 761
millions d'euros

47

FILIÈRE BIOMASSE SOLIDE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

BIOMASSE SOLIDE

En France, comme dans de nombreux autres pays européens, la biomasse solide est la première des énergies renouvelables, représentant 33 % de la production primaire d'énergies renouvelables en 2020 (35,2 % en 2019). Si les centrales biomasses sont principalement orientées vers la production de chaleur en représentant 19 % de la capacité thermique renouvelable du pays (source CIBE), une partie du parc est cependant composée de sites délivrant à la fois de la chaleur et de l'électricité (processus dit de cogénération). La production d'électricité seule à partir de biomasse solide est rare, la principale centrale du genre étant celle de Gardanne (Bouches-du-Rhône) pour 150 MWe. Techniquement, la production électrique issue de biomasse solide présente l'avantage d'être totalement pilo-

table et ainsi de pouvoir compléter des filières plus variables comme l'éolien ou le photovoltaïque.

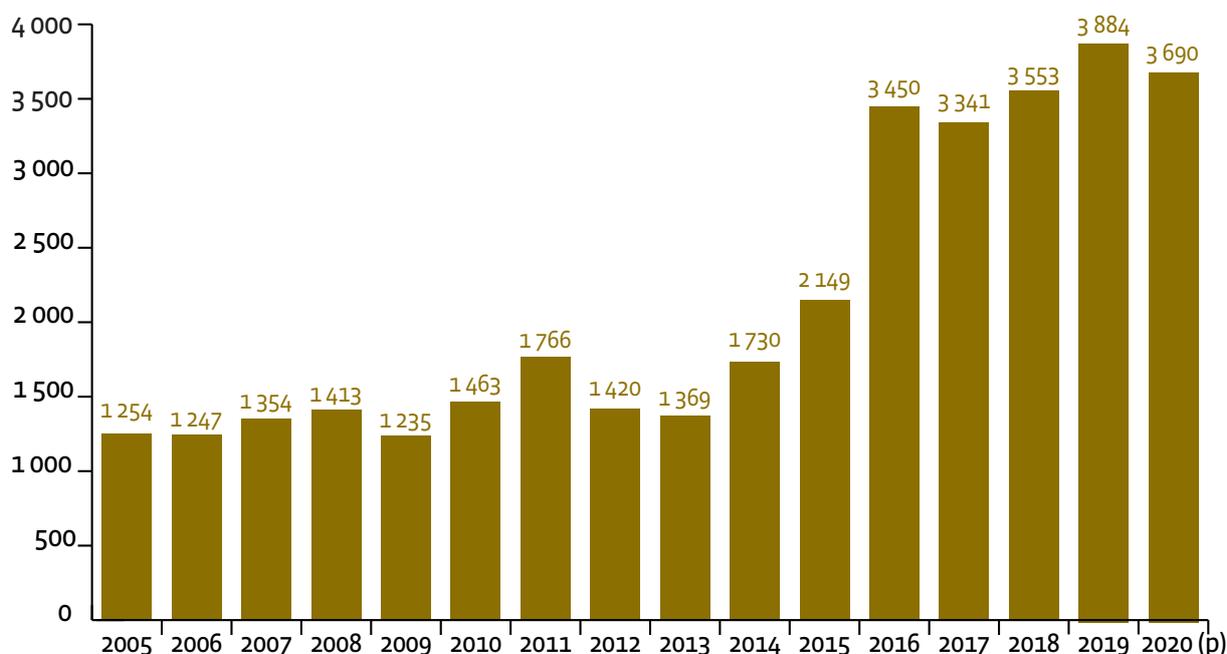
À fin 2021, la France métropolitaine comptait 62 centrales biomasse solide recensées produisant de l'électricité, pour une puissance de 784,32 MWe. En 2020, la production électrique brute à partir de biomasse a été de 3 690 GWh. Alors que peu de nouvelles centrales avaient été mises en service ces dernières années, les années 2020 et 2021 ont été fructueuses puisqu'elles ont vu l'aboutissement de plusieurs projets importants comme à Saint-Gaudens (Haute-Garonne, 25 MWe), Alizay (Eure, 50 MWe) et Tartas (Landes, 18,75 MWe). Une centrale est en outre en construction à Laneuveville-devant-Nancy (Meurthe-et-Moselle, 14,6 MWe).

Graphique n° 1

Évolution de la production d'électricité biomasse solide en France en GWh

Sources: Sdes de 2005 à 2019, Eurostat pour 2020.

p.: prévisionnel



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA CONCRÉTISATION DE PROJETS IMPORTANTS

Jusqu'en 2016, le développement de ces types de centrales était soutenu en France via un système d'appels d'offres organisé par la CRE (Commission de régulation de l'énergie), par lequel l'État fixait un tarif d'achat préférentiel pour l'électricité produite et par un système de tarif d'obligation d'achat appliqué à guichet ouvert aux projets ne répondant pas aux cahiers des charges des appels d'offres. Ce dispositif a été abrogé en mai 2016 pour une mise en conformité avec les exigences de l'Union européenne. Désormais, le dispositif de soutien en place est le complément de rémunération, qui a été adopté pour l'appel d'offres CRE 5.

Les taux de réalisation des appels d'offres CRE1 (2003-2004) et CRE2 (2006-2007) se sont limités à 36 % et 23 % des projets. Ces résultats s'expliquent par le fait que les cahiers des charges de ces appels d'offres avaient fixé des seuils de puissances minimales élevés, respectivement de 12 et 5 MWe, ce qui nécessitait de trouver d'importants débouchés pour la chaleur car tous les sites étaient en mode cogénération. L'appel d'offres CRE3, lancé en 2009, a fait beaucoup mieux avec 69 % de projets réalisés, notamment en rendant éligibles des installations plus petites, le seuil d'éligibilité ayant été fixé entre 3 et 5 MWe. Le plus gros des projets sélectionnés, comme notamment la centrale Bioénergie d'Alizay (Eure) de 50 MWe, a enfin été mis en service fin 2020. Malgré le succès du CRE 3, l'État a ciblé avec le CRE4 (2010-2011) de plus grands projets industriels d'une puissance minimale de 12 MWe. Seuls 5 projets sur les 15 retenus ont été réalisés. La particularité de cet appel d'offres a été d'accorder une dérogation aux projets de centrales électriques

à biomasse implantés en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Bretagne, deux régions déficitaires en électricité et fragiles en périodes de pic de demande. Ces projets avaient la possibilité de déroger à la règle d'un minimum de 60 % d'efficacité énergétique à condition de pouvoir justifier qu'ils contribuaient « à améliorer la sécurité d'alimentation en électricité de la région ». Deux projets avaient pu entrer dans ce cadre. Le premier (22 MWe, pour une production de 168 MWh en 2020) a été construit par le spécialiste du traitement des déchets Inova à Brignoles (Var). Baptisée Sylvania, l'unité a été acquise en avril 2020 par Idex.

GARDANNE DIT ADIEU AU CHARBON

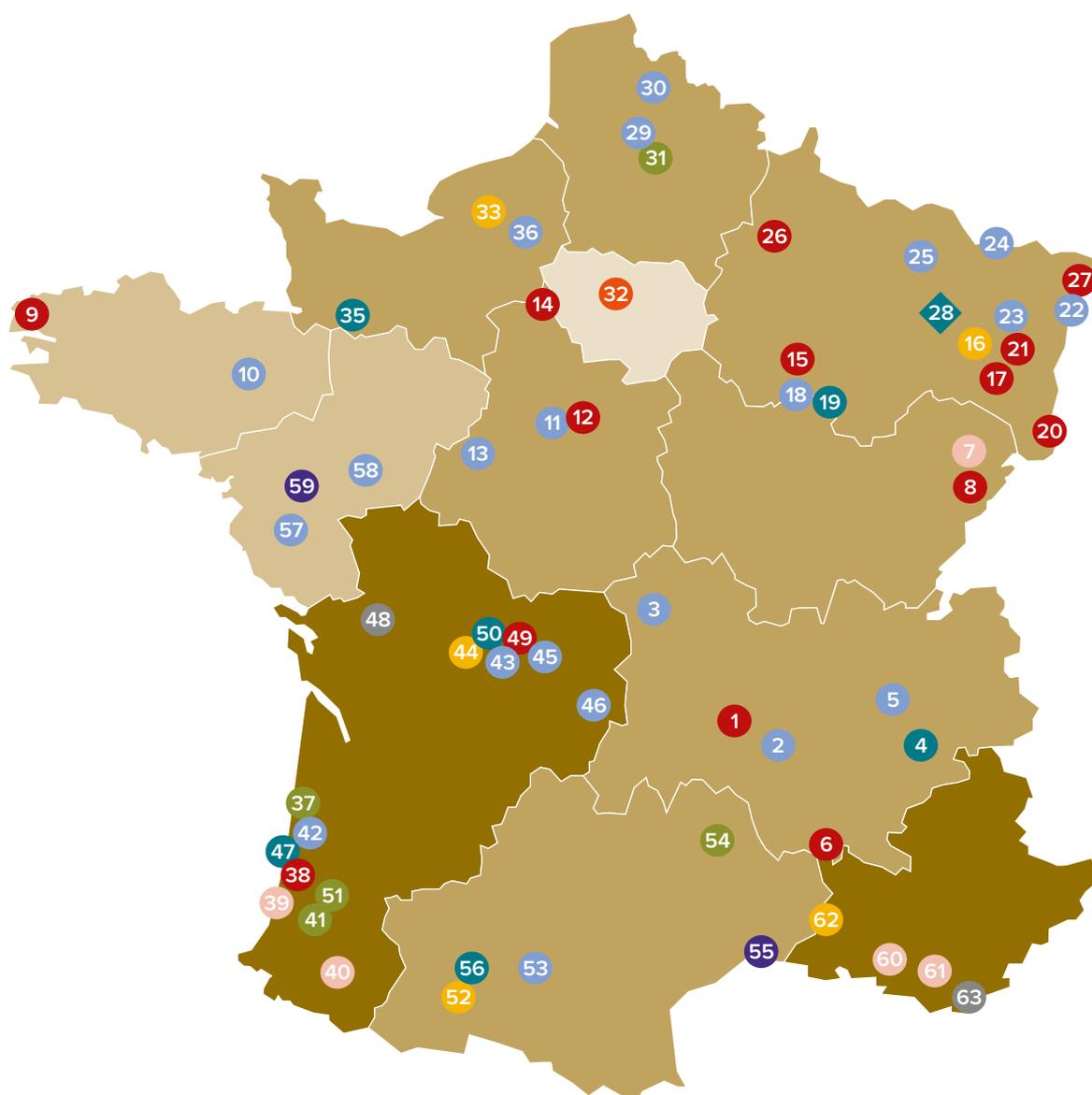
Le deuxième projet concerne la centrale électrique à charbon appartenant à l'époque au groupe allemand Uniper, à Gardanne (Bouches-du-Rhône), dont la tranche 4 a été convertie à la biomasse en 2016 avec l'ambition de fournir 6 % de la production d'électricité de la région PACA et de couvrir 3 % de sa consommation (150 MWe). Cependant, les grandes quantités de combustible nécessaires à son approvisionnement (850 000 t/an) ont créé de vives polémiques. Il était prévu qu'une moitié provienne de la région Sud-Est (bois de recyclage et de déchets verts) et que l'autre moitié comprenne de la biomasse forestière importée, notamment du Brésil. Un recours administratif a été déposé par des associations de défense de l'environnement dénonçant « les effets négatifs indirects et permanents du projet sur les espaces forestiers de la zone d'approvisionnement », et en juin 2017, le tribunal administratif de Marseille a annulé l'autorisation de l'exploitant, estimant qu'il n'avait pas suffisamment évalué l'impact d'une telle

BIOMASSE SOLIDE

Carte n° 1

Cartographie des sites de production d'électricité à partir de biomasse solide à fin 2020

Source: Observ'ER, 2020.



50

- | | | |
|------------------|------|-------------------------|
| < 5 MW | CRE1 | Marché |
| de 5 à < 25 MW | CRE2 | OA (obligation d'achat) |
| de 25 à < 100 MW | CRE3 | Autoconsommation |
| plus de 100 MW | CRE4 | Non renseigné |
| | CRE5 | Site en construction |

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

AUVERGNE RHÔNE-ALPES - 44,9 MW

- 1 Arlanc OA - 2,6 MW
- 2 Dunière CRE3 - 3,4 MW
- 3 Commentry CRE3 - 15 MW
- 4 Grenoble CRE5-1 - 8,3 MW
- 5 Le Cheylas CRE3 - 3,6 MW
- 6 Pierrelatte OA - 12 MW

BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ - 27 MW

- 7 Novillars CRE4 - 20 MW
- 8 Villiers-sous-Montrond OA - 7 MW

BRETAGNE - 15,6 MW

- 9 Lanvian OA - 5,2 MW
- 10 Noyal-Châtillon-sur-Seiche - CRE3 - 10,4 MW

CENTRE-VAL DE LOIRE - 35 MW

- 11 Orléans CRE3 - 7,5 MW
- 12 Orléans OA - 12 MW
- 13 Saint-Pierre-des-Corps CRE3 - 7,5 MW
- 14 Chartres OA - 8 MW

GRAND EST - 89,1 MW EN EXPLOITATION ET 14,6 MW EN CHANTIER

- 15 Bar-sur-Aube OA - 1,3 MW
- 16 Golbey CRE1 - 12 MW
- 17 Epinal OA - 6,4 MW
- 18 Gyé-sur-Seine CRE3 - 3,3 MW
- 19 Gyé-sur-Seine CRE5-1 - 1,4 MW
- 20 Saint-Louis OA - 5,2 MW
- 21 Rambervilliers OA - 9,6 MW
- 22 Strasbourg CRE3 - 10 MW
- 23 Urmatt CRE3 - 5 MW
- 24 Forbach CRE3 - 6,4 MW
- 25 Metz CRE3 - 9,5 MW
- 26 Pomacle-Bazarcourt OA - 12 MW
- 27 Strasbourg OA - 7 MW
- 28 Laneuveville-devant-Nancy CRE5-3 14,6 MW

HAUTS-DE-FRANCE - 35,7 MW

- 29 Estrées-Mons CRE3 - 13 MW
- 30 Lens CRE3 - 6,7 MW
- 31 Mesnil-Saint-Nicaise CRE2 - 16 MW

ÎLE-DE-FRANCE - 0,5 MW

- 32 Corbeil-Essonnes Auto - 0,5 MW

NORMANDIE - 81,32 MW EN EXPLOITATION

- 33 Grand-Couronne CRE1 - 21 MW
- 34 Grand-Couronne CRE2 - 9 MW
- 35 Le Teillleul CRE5-1 - 1,32 MW
- 36 Alizay CRE3 - 50 MW

NOUVELLE-AQUITAINE - 203,83 MW

- 37 Biganos CRE2 - 69 MW
- 38 Morcenx OA - 11 MW
- 39 Vieille-Saint-Girons CRE4 - 17 MW
- 40 Lacq CRE4 - 19 MW
- 41 Tartas CRE2 - 14 MW
- 42 Labouheyre CRE3 - 3,5 MW
- 43 Limoges CRE3 - 7,5 MW
- 44 Saillat-sur-Vienne CRE1 - 12 MW
- 45 Moissannes CRE3 - 3,4 MW
- 46 Egletons CRE3 - 3,4 MW
- 47 Mimizan CRE5-1 19,38 MW
- 48 Secondigné-sur-Belle NR-3,5 MW
- 49 Moissannes OA-1,4 MW
- 50 Genouillac CRE5-1 1 MW
- 51 Tartas CRE5-2 18,75 MW

OCCITANIE - 57 MW

- 52 Saint-Gaudens CRE1 - 20 MW
- 53 Montgailhard CRE3 - 4 MW
- 54 Mende CRE2 - 7,5 MW
- 55 Montpellier Marché - 0,5 MW
- 56 Saint-Gaudens CRE5-1 - 25 MW

PAYS DE LA LOIRE - 10,33 MW

- 57 Sainte-Florence CRE3 - 3,4 MW
- 58 Sainte-Gemmes-sur-Loire CRE3 - 6,9 MW
- 59 Vertou Marché - 0,03 MW

PACA - 184,04 MW

- 60 Gardanne CRE4 - 150 MW
- 61 Brignoles CRE4 - 22 MW
- 62 Tarascon CRE1 - 12 MW
- 63 Hyères NR-0,04 MW

À Cordemais, le projet de conversion biomasse abandonné

Emmanuelle Wargon, alors secrétaire d'État auprès de la ministre de la Transition écologique et solidaire, a annoncé en début d'année 2020 que la centrale à charbon de Cordemais (Loire-Atlantique, 1 200 MW) ne fermerait pas avant 2024 voire 2026, le temps que l'EPR de Flamanville soit opérationnel. Le plan initial était de faire fonctionner le site à seulement 10 % de ses capacités à partir de 2022. Face à cette proposition, EDF avait soumis une alternative qui consistait à tester à Cordemais un dispositif baptisé "Écocombust", consistant à fabriquer localement un nouveau combustible à partir de biomasse végétale (déchets de bois). Celle-ci est densifiée pour améliorer son rendement énergétique pour au final être conditionnée sous la forme de "black pellets" (granulés torréfiés). Le projet incluait la création, en 2021-2022, d'une unité de production de 160 000 tonnes de granulés par an pendant quinze ans et la modification des deux tranches de la centrale pour un fonctionnement à partir d'un mélange composé de 80 % de pellets et 20 % de charbon jusqu'à sa fermeture en 2026. L'usine de pellets poursuivrait, elle, ses activités. La direction d'EDF a cependant annoncé en juillet 2021 l'abandon du projet, les conditions technico-économiques ne semblant plus réunies.

usine sur les forêts du Sud-Est. Mais dans un arrêté en date du 24 décembre 2020, la cour administrative d'appel a estimé « que l'exploitation forestière et la production d'électricité étaient des activités distinctes (...) et qu'elles ne pouvaient être regardées comme participant à la réalisation d'un même programme ». La cour a ainsi rétabli l'autorisation d'exploitation.

Entre-temps, suite à l'engagement pris par le président Emmanuel Macron de fermer les quatre dernières centrales à charbon françaises d'ici à 2022, Uniper a vendu Gardanne au groupe tchèque EPH. Après deux ans et demi d'arrêt de la centrale pour cause de mouvement social et de difficultés techniques, le nouveau propriétaire a fermé la tranche charbon de 600 MW en décembre 2020 et remis en fonctionnement la tranche biomasse en juillet 2021, avec un plan d'approvisionnement prévoyant de remplacer le bois brésilien par du bois européen. Cette action a cependant été accompagnée d'un plan de sauvegarde de l'emploi

(PSE) prévoyant la suppression de 98 postes sur 154 qui a été validé par le tribunal administratif de Cergy-Pontoise à l'été 2021. La CGT a dénoncé ce plan et un mouvement de grève s'est formé. Ce maintien de la tranche biomasse devrait s'accompagner de la création d'une scierie implantée en partie sur le site de la centrale, de la création d'une unité de production de méthanol et d'hydrogène vert avec une production à partir de dioxyde de carbone capté des fumées de la centrale biomasse et de syngas (ou gaz de synthèse) issu de la gazéification de bois énergie. Les associations environnementales ne sont cependant pas en faveur du projet.

UN AVENIR INCERTAIN AU-DELÀ DU CRE5

Face aux polémiques liées à la centrale de Gardanne, il a fallu attendre 2016 pour que l'appel d'offres CRE5 soit lancé. Il s'agit d'une procédure pluriannuelle (2016, 2017, 2018) d'envergure réduite. Chaque volet porte sur 50 MWe : 10 MWe pour les projets de 0,3 à 3 MWe

Dans les ZNI, la bagasse et la biomasse remplacent le charbon

Dans les zones non interconnectées (ZNI), où la loi de transition énergétique pour la croissance verte a fixé un objectif d'autonomie énergétique d'ici à fin 2030, l'exploitation de la biomasse solide est un enjeu majeur. Elle assure une production régulière qui complète idéalement les énergies renouvelables variables comme le solaire ou l'éolien. Ainsi, en Martinique, le groupe Albioma a mis en service en septembre 2018 sur le site du Galion, à Trinité, la centrale Galion 2 de 40 MWe, alimentée par de la bagasse (résidus de l'exploitation de la canne à sucre) et de la biomasse. Albioma exploite également deux centrales de cogénération à la Réunion et une en Guadeloupe. Pour chacune, deux tranches sur trois fonctionnent à partir d'un mix entre bagasse et charbon. Leur conversion au 100 % biomasse est engagée et devrait s'étaler jusqu'en 2023. En Guadeloupe, le groupe a ainsi achevé en novembre 2020 la conversion de la tranche 3 (34 MWe) de la centrale du Moule (93,5 MWe au total), qui fonctionnait à 100 % au charbon. À la Réunion, les travaux ont démarré au premier semestre 2021 sur la tranche 100 % charbon de 48 MWe de la centrale de Bois-Rouge (108 MWe au total). Pour la centrale du Gol (122 MWe), le chantier doit s'effectuer selon un calendrier décalé de douze à dix-huit mois par rapport à Bois-Rouge, en commençant également par la tranche 100 % charbon (58 MWe). En Guyane, Voltalia a mis en service la centrale biomasse de Cacao de 5,1 MWe, sur la commune de Roura. Ces MWe s'ajoutent au 1,7 MWe déjà implanté par le groupe près de Kourou. À Saint-Georges-de-l'Oyapock, situé dans l'Est guyanais, la société Abiodis a quant à elle mis en service une unité de 3,6 MWe.

et 40 MWe pour ceux compris entre 3 et 25 MWe. L'efficacité énergétique minimale requise est de 75 %, soit un taux qui limite les chances des réseaux de chaleur, qui ne peuvent valoriser l'énergie thermique l'été (pour CRE3 et 4, ce seuil n'était respectivement que de 50 et 60 %). Lors de la première tranche du CRE5, 12 projets ont été retenus pour une puissance cumulée de 62 MWe. Parmi les neuf dossiers retenus dans la catégorie "moins de 3 MWe", on peut citer celui de l'entreprise Künkel, spécialiste de la palette, à Le Teilleul, dans la Manche. Le projet a été achevé en avril 2021 pour une puissance électrique de 1,32 MWe. Dans la tranche des opérations de plus de 3 MWe, plusieurs sites ont été récemment mis en service. On peut citer la centrale de Gascogne Papier à Mimizan, dans les Landes

(19,38 MWe), en remplacement des installations de 23 MWe mises en service en 2015 dans le cadre de l'appel d'offres CRE4, ainsi que celle de Biomax (8,3 MWe), portée par Grenoble Alpes Métropole (Isère), dont la chaleur alimente le réseau urbain de la métropole. Dernier projet concrétisé en 2021 dans la tranche des plus de 3 MWe, celui du papetier Fibre Excellence, à Saint-Gaudens (Haute-Garonne), pour une capacité de 25 MWe.

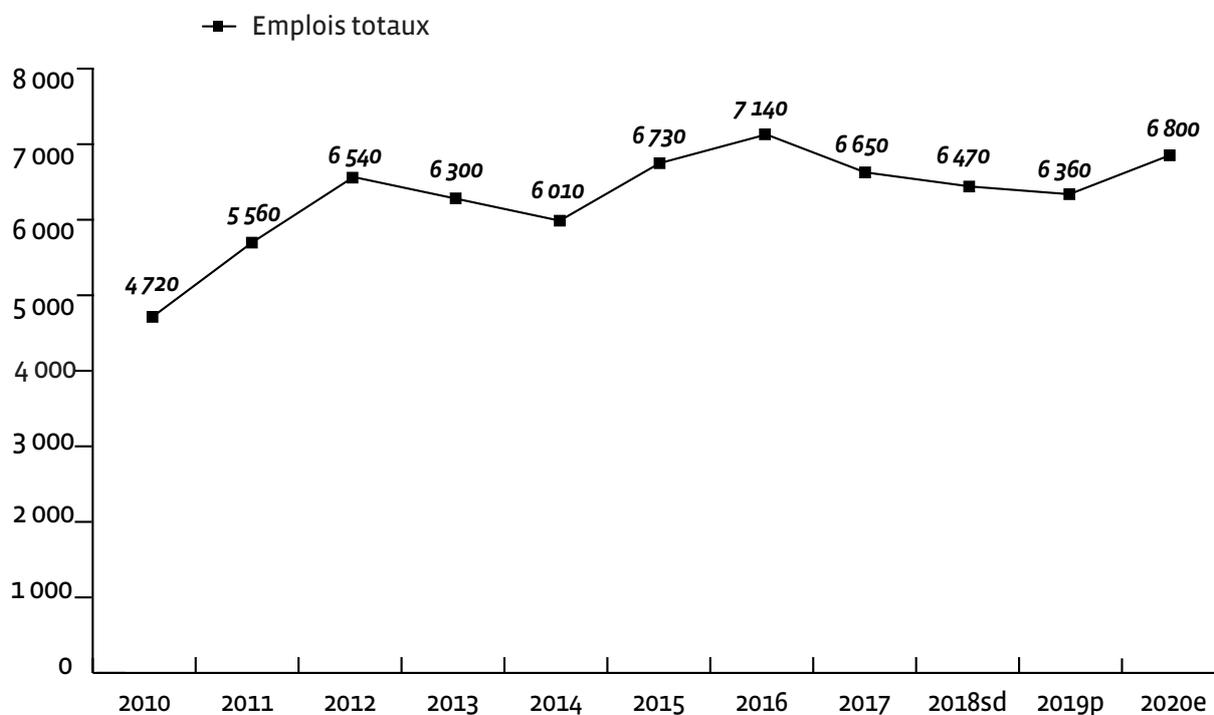
La deuxième tranche du CRE5 a retenu sept dossiers de moins de 3 MWe représentant une puissance totale cumulée de 10,62 MWe et deux projets de plus de 3 MWe pour un total de 40,98 MWe. Actuellement, seul le projet de Rayonier Advanced Materials à Tartas (Landes) de 18,75 MWe a abouti (décembre 2020). Pour la

Graphique n° 2

Évolution des emplois directs biomasse solide pour les secteurs collectif, industriel et tertiaire

Source : “Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021.

sd : semi-définitif ; p : provisoire ; e : estimé



troisième tranche des appels d’offres CRE5, le cahier des charges a subi des modifications : les projets consistant en une augmentation de puissance ne sont plus admissibles, et les installations candidates ne doivent pas avoir bénéficié pour leur réalisation d’une aide de l’Ademe pour la production de chaleur au cours des cinq dernières années. Au final, 14 projets ont été retenus représentant une puissance totale de 74,1 MWe. Ils bénéficieront d’un contrat de complément de rémunération de l’électricité garanti pendant vingt ans avec un tarif de 113 €/MWh en moyenne, contre 122,50 €/MWh en moyenne pour les sites issus de la tranche d’appel d’offres précédente. Le projet Novawood de 14,6 MWe, coporté par Novacarb, filiale du Groupe Seqens, et Engie Solutions, à Laneuville-devant-Nancy (Meurthe-et-Moselle),

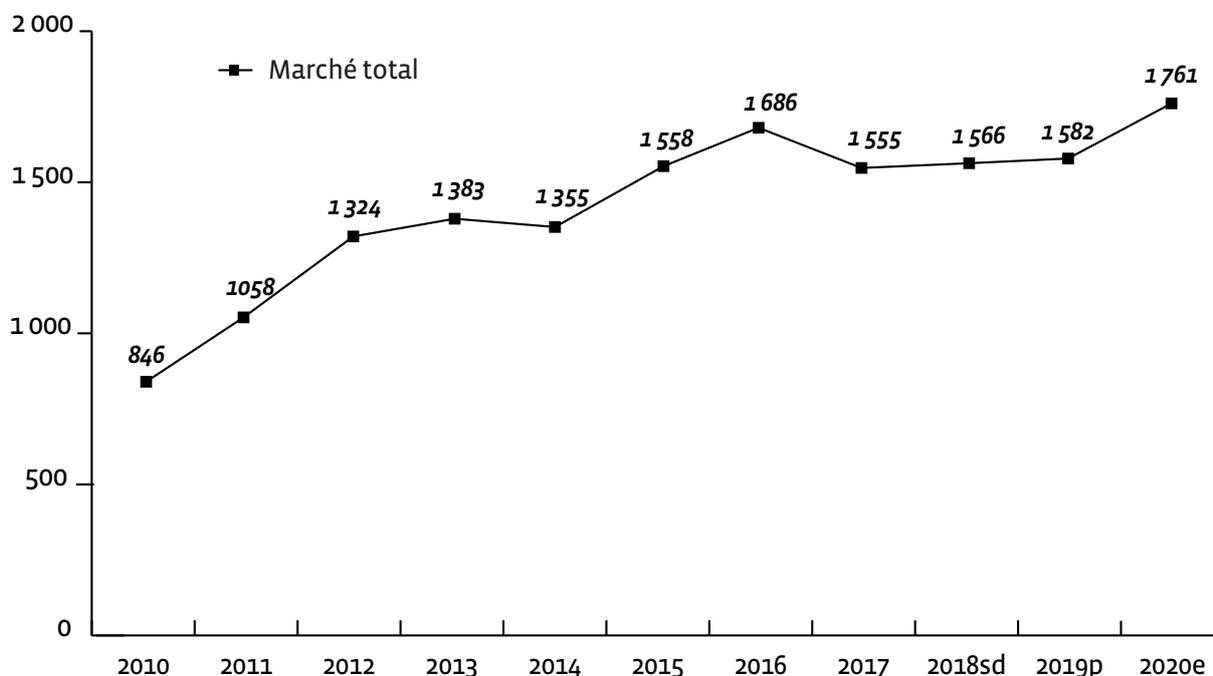
est en cours de réalisation et devrait aboutir au troisième trimestre 2022. Celui de Golbey (Vosges) du groupe Norske Skog (25 MWe) devrait voir sa construction débuter fin 2022. Outre les sites retenus dans le cadre des appels d’offres, 14 unités vont se réaliser sous obligation d’achat. Les plus récentes sont celle de la PME française Européenne de Biomasse, mise en service en juin 2020 sur la plateforme agro-industrielle de Pomacle-Bazancourt dans la Marne, dans le cadre de son complexe industriel FICA-HPCI, et celle de Veyrière Bois Énergie à Arlanc de 2,6 MWe mise en service fin décembre 2020. En tenant compte de l’ensemble des centrales aujourd’hui mises en service et de celles en chantier, le secteur va remplir ses obligations au regard de la trajectoire de la programmation

Graphique n° 3

Évolution du marché biomasse solide pour les secteurs collectif, industriel et tertiaire (en M€)

Source : “Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021.

sd : semi-définitif ; p : provisoire ; e : estimé



pluriannuelle de l'énergie (PPE) de 2020. Celle-ci a fixé comme objectif d'atteindre 800 MWe pour 2023 puis de conserver ce niveau à 2028. Étant à 784,32 MW fin 2021, le contrat est rempli et le ministère, conformément aux orientations sur la valorisation prioritaire de la biomasse sous forme de chaleur, ne prévoit pour l'instant aucun appel d'offres de cogénération biomasse d'ici 2028 au grand dam de la filière qui souhaiterait exploiter davantage son potentiel. Dans ses propositions pour les énergies renouvelables dans le cadre du Plan de relance économique, publiées en juin 2020, le Syndicat des énergies renouvelables (SER) a souligné l'importance d'organiser à l'avenir de nouveaux appels d'offres CRE pour la cogénération biomasse (voir “3 questions”). Pour le syndicat, une enveloppe annuelle de nouveaux projets sur des sites en cogénération à haut

rendement serait un gage pour préserver le savoir-faire industriel et un moyen pour étoffer le parc national de moyens de production renouvelables pilotables.

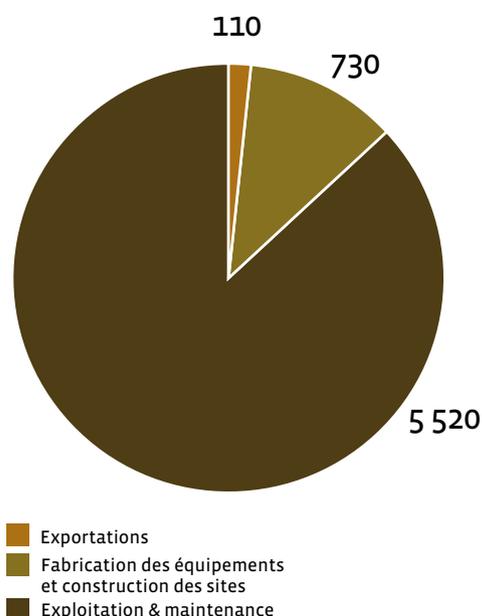
6800 EMPLOIS ET PRÈS DE 1,8 MILLIARD D'EUROS D'ACTIVITÉ

Il n'existe pas d'étude qui suive précisément les agrégats socio-économiques de la valorisation électrique de la biomasse solide. L'étude de l'Ademe “Marchés et emplois dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération” approche le secteur pour l'ensemble de ses valorisations électriques et thermiques, et cela dans ses applications collectives, industrielles ou tertiaires (le secteur du bois domestique n'est pas inclus). Dans la dernière édition de 2021, les chiffres montrent une stabilisation

Graphique n° 4

Décomposition des emplois directs 2019 sur la chaîne de valeur (en ETP)

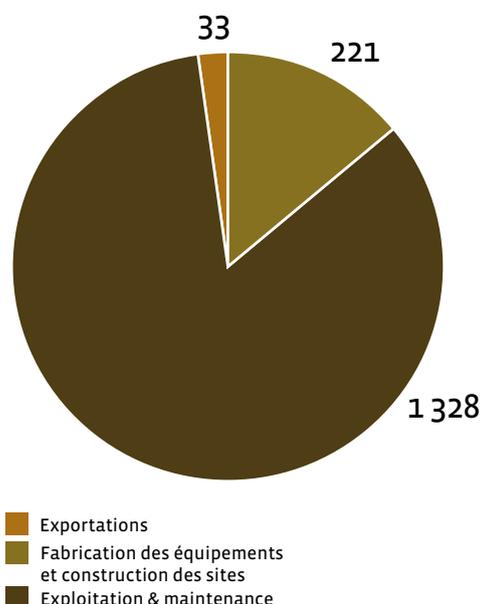
Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.



Graphique n° 5

Décomposition de l'activité 2019 sur la chaîne de valeur (en millions d'euros)

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.



des emplois en 2020 à 6 800 ETP (équivalent temps) pour un chiffre d'affaires de 1 761 millions d'euros (voir graphique 2 et 3). En revanche, si les niveaux d'emplois et d'activité économiques se maintiennent sur les dernières années, leur composition en fonction des différentes étapes de la chaîne de valeur du secteur a profondément changé. En 2019 (dernière année disponible pour ces chiffres), la partie industrielle consacrée à la fabrication des éléments et à la construction des sites comptait pour 11 % dans les emplois et 14 % dans le chiffre d'affaires. Quatre ans auparavant (en 2015), ces parts respectives étaient de 24 et 28 % alors que dans le même temps les activités d'exploitation et de maintenance des centrales sont passées de 70 % en moyenne à 85 %. Cette évolution s'inscrit dans la logique d'un secteur qui a de moins en moins mis en service de nouvelles centrales pour être davantage tourné vers leur exploitation. ●

lution s'inscrit dans la logique d'un secteur qui a de moins en moins mis en service de nouvelles centrales pour être davantage tourné vers leur exploitation. ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Baromètre EurObserv'ER biomasse solide
- ✓ www.cibe.fr
- ✓ France biomasse énergie, commission biomasse du Syndicat des énergies renouvelables : www.enr.fr
- ✓ Le magazine en ligne www.bioenergie-promotion.fr, qui suit l'actualité du secteur

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Jean-Baptiste Schwebel**,
président de la
commission bois
énergie du SER

1 Quels sont les intérêts de la cogénération biomasse à la fois pour la filière bois et pour la décarbonation de l'énergie en France ?

La cogénération biomasse est intéressante parce que le rendement énergétique est très souvent bien supérieur à 75%, avec dans ce cas un coût à la tonne de carbone évitée parmi les plus bas, ce qui rend le soutien à la filière très performant et efficace pour atteindre la neutralité carbone. Elle assure en outre une production d'électricité continue, contrairement à d'autres énergies renouvelables plus variables, comme le photovoltaïque ou l'éolien.

La cogénération est également un atout pour la compétitivité de la filière bois et le développement des territoires à travers des investissements locaux et la création d'emplois non délocalisables. Elle allonge la période d'exploitation forestière en permettant une production de plaquettes toute l'année, et non seulement en période hivernale comme c'est le cas pour la seule alimentation des réseaux de chaleur, ce qui favorise le maintien de personnel de production qualifié et

l'investissement dans les outils de production (abattage, débardage, broyage, transport, plateformes de stockage). Elle offre aussi la possibilité aux industriels du bois d'utiliser in situ leurs sous-produits pour produire une électricité décarbonée, vendue ou autoconsommée, et valoriser de la chaleur dans un dispositif de séchage des bois, préalable indispensable au développement d'unités de 2^e et 3^e transformations.

2 Comment voyez-vous l'avenir de la filière au-delà de l'appel d'offres CRE5, sachant que les objectifs 2023 et 2028 de la PPE sont quasiment d'ores et déjà atteints ?

Pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, le développement de la cogénération biomasse est indispensable. Lors des assises de la forêt et du bois qui se sont déroulées à l'automne, il a ainsi été demandé la mise en œuvre de mesures de soutien sous forme de complément de rémunération et/ou de soutien à l'investissement pour les projets d'autoconsommation de l'électricité et de la chaleur produites, sans attendre la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie. Un budget dédié de 30 à 50 millions d'euros par an est nécessaire pour un appel d'offres pluriannuel de 50 MW électriques par an.

3 Qu'en est-il du savoir-faire industriel français sur les technologies de cogénération biomasse ?

À ma connaissance, il existe assez peu de fabricants français en matière de turbines à vapeur. Pour les grosses puissances, il y a notamment Thermodyn, filiale de GE basée au Creusot, mais aussi quelques fabricants de plus petite taille pour des puissances plus faibles.

BIOMASSE SOLIDE

Le savoir-faire français existe plus sur les autres organes d'une cogénération biomasse, à savoir notamment les chaudières. Aujourd'hui, les capacités de ce secteur sont assez sollicitées, suite aux projets issus du plan de relance, mais assurer des débouchés par des projets à moyen terme comme la relance de la cogénération biomasse permettrait de renforcer les capacités de production en France. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance électrique installée fin septembre 2021 (méthanisation et ISDND)

569 MW

Production électrique en 2020

2 806 GWh

*Objectif 2023
des installations de méthanisation*

270 MW

(272 MW installés fin septembre 2021)

*Objectif 2028
des installations de méthanisation*

340 – 410 MW

*Emplois directs dans la filière en 2020
(toutes valorisations confondues)*

4 000

*Chiffre d'affaires en 2020
(toutes valorisations confondues)*

1 177

millions d'euros



Unité de méthanisation de Sausheim (Alsace).

©Suez

La filière est en pleine croissance et en pleine effervescence. Au-delà de l'atteinte des objectifs énergétiques fixés par la programmation pluriannuelle de l'énergie, l'enjeu pour le secteur est de poursuivre sa structuration et de trouver un modèle de développement.

FILIÈRE BIOGAZ

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Le biogaz provient de la fermentation en l'absence d'oxygène de la matière organique (effluents d'élevage, déchets agro-alimentaires, boues d'épuration, déchets ménagers...). C'est une énergie aux valorisations multiples (chaleur, électricité, gaz renouvelable, biocarburant) dont la production est facilement pilotable et stockable. En France, le biogaz est utilisé en majorité pour produire de l'électricité et de la chaleur avec respectivement 34 % et 42 % de part de valorisation en 2020. Cependant, depuis quelques années, l'épuration de biogaz en biométhane destiné à être injecté dans les réseaux utilisés pour le gaz fossile est privilégiée par les politiques publiques. En 2020, ce type de valorisation a représenté 24 % de l'ensemble du biogaz produit en France. En matière de production électrique, le parc français représentait une puissance de 569 mégawatts (MW) au 30 septembre 2021 avec 20 MW raccordés au cours des trois premiers trimestres de l'année. Ce résultat est plutôt bon comparé aux 24 MW supplémentaires installés au cours de 2020, une année en demi-teinte dont la progression avait été ralentie par la crise sanitaire. La production électrique avait cependant bien progressé pour atteindre 2,6 TWh sur l'année, soit 0,6 % de la consommation électrique française.

DES MÉCANISMES DE SOUTIEN EN ÉVOLUTION DEPUIS 2016

En matière de soutien à la filière, le segment de la production électrique bénéficie d'un dispositif de tarif d'achat garanti sur vingt ans (OA, arrêté du 13 décembre 2016) pour les installations inférieures à 500 kW. Cela concerne essentiellement les opérations faites en milieu agricole où l'utilisation d'effluents d'élevage est davantage encouragée que celle de cultures alimentaires. Pour les opérations de puissance plus importante,

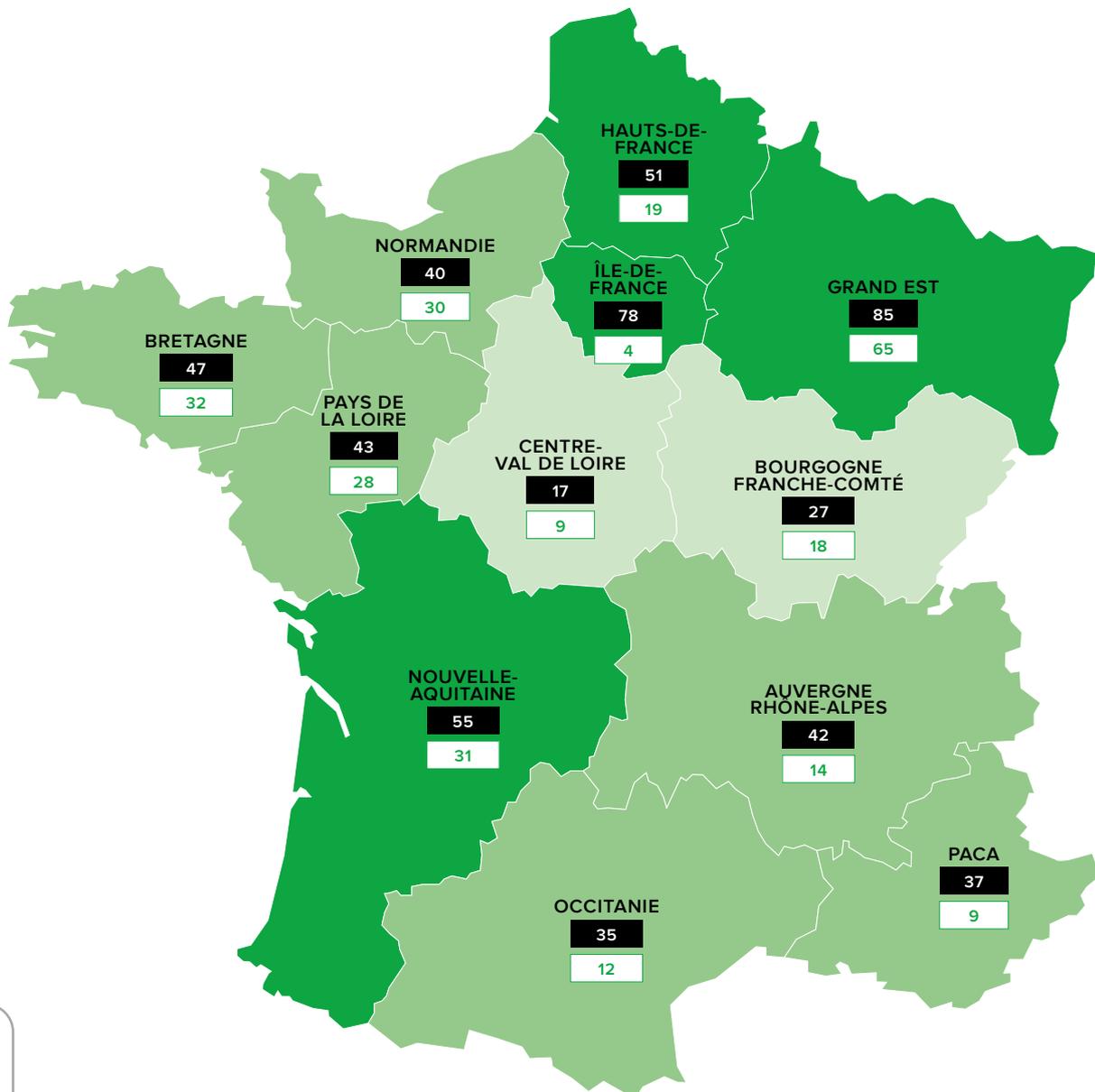
c'est le mécanisme du complément de rémunération (CR) qui s'applique. Il existe toutefois le principe de prévalence à l'injection, qui exclut du dispositif les installations de plus de 300 kW lorsqu'une étude de préaisabilité de raccordement produite par le gestionnaire de réseau de distribution de gaz démontre la possibilité d'injecter le biogaz dans le réseau.

La Commission de régulation de l'énergie (CRE) a mis en place en 2016 une procédure d'appel d'offres visant à sélectionner chaque année 10 MW de projets de méthanisation en cogénération (installations de 0,5 et 5 MW). Cependant, seules deux unités ont été retenues en 2016, deux en 2017 et une en 2019. Ces maigres résultats s'expliquent principalement par le fait que ces types de projets valorisent leur biogaz en mode cogénération et qu'alors la valorisation de la chaleur est souvent conditionnée par l'existence à proximité d'un réseau de chaleur ou d'un gros consommateur. En 2020, la procédure d'appel d'offres n'a pas été renouvelée de par le petit nombre de dossiers retenus lors des éditions précédentes, mais également car le parc électrique a déjà atteint le seuil de l'objectif fixé à fin 2023 par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), soit 270 MW. Précisons que cet objectif ne porte que sur les seuls sites en méthanisation (voir descriptif page 62) et que les installations de stockage de déchets non dangereux (soit les décharges) n'y participent pas. L'Ademe peut également venir en soutien des installations de valorisation en cogénération au travers d'un appui technique ou d'une aide financière à l'investissement via le fonds Économie circulaire (FEC). En 2020, 24 projets ont été aidés pour un total de 5,20 M€. L'agence met également en place des appels à projets (AAP) ou des appels à manifestation d'intérêt

Carte n° 1

Cartographie des puissances biogaz électriques installées en France à fin septembre 2021 (en MW)

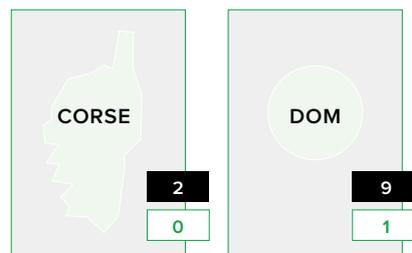
Source : Observ'ER, d'après données Sdes.



517 Installations biogaz pour la production d'électricité (MW)

- < 10 MW
- 10 - 30 MW
- 30 - 50 MW
- > 50 MW

229 Installations de méthanisation pour la production d'électricité (MW)



(AMI), tout comme l'Agence nationale de la recherche (ANR). En complément, les interventions des collectivités territoriales en faveur de la filière du biogaz devraient se développer. La loi énergie-climat de 2019 autorise en effet les sociétés ou coopératives constituées pour porter un projet biogaz à proposer une part de leur capital aux collectivités territoriales ou aux habitants situés à proximité.

LE SOUTIEN AUX ISDND MAINTENU

Pour les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), suite à l'abrogation en 2016 de l'arrêté du 2 octobre 2001 fixant les conditions d'achat de l'électricité pro-

duite par les installations qui valorisent des déchets ménagers et assimilés, la Commission européenne a validé en juillet 2018 le dispositif de soutien à l'injection d'électricité proposé par la France. La Commission a toutefois précisé que celui-ci disparaîtrait dès lors que la somme des puissances installées faisant l'objet de demandes de contrat aurait atteint 60 MW ou après le 31 décembre 2020. Depuis, la situation a évolué puisque le couperet a été repoussé à fin 2023, date à laquelle le segment des ISDND doit ajouter 60 MW de nouvelles installations pour remplir ses objectifs de la PPE 2020.



Plusieurs technologies pour une même filière

Le biogaz provient de la fermentation, en l'absence d'oxygène, de matière organique (effluents d'élevage, déchets agroalimentaires, boues d'épuration, déchets ménagers, etc.). C'est une énergie aux valorisations multiples (chaleur, électricité, gaz renouvelable, carburant), dont la production est prévisible et stockable. Pour cette filière, plusieurs types d'installations existent, en fonction du type de déchets traités.

1. Les décharges (ou installations de stockage de déchets non dangereux, ISDND)

Selon le Sdes, il y avait à fin septembre 2021, 152 installations raccordées au réseau électrique pour une puissance totale de 265 MW. Les installations exploitant le biogaz issu des ISDND sont moins nombreuses que les installations de méthanisation mais possèdent généralement une puissance unitaire moyenne importante (1,7 MW). Elles contribuent à 46 % de la puissance totale installée.

2. Les ordures ménagères

Selon l'enquête Observ'ER en partenariat avec l'Ademe, 16 unités de tri mécanisation-biologique (TMB) étaient adossées à une unité de méthanisation fin 2020. Ce tri automatique sépare la fraction fermentescible et les matières recyclables des déchets résiduels. Le développement du TMB est aujourd'hui quasiment stoppé en raison de mauvais retours d'expérience. Parmi les 16 unités actuelles, 12 fonctionnent en cogénération pour une puissance installée totale de 19,5 MW, et une puissance moyenne par unité de 1,63 MW.

3. Les sites industriels

Selon cette même étude, fin 2020, 113 installations traitaient les effluents issus de l'activité d'entreprises des secteurs de l'agroalimentaire, de la chimie, etc. Le biogaz a surtout pour objectif de produire de la chaleur utilisée directement sur les sites industriels mêmes. Parmi ces installations, 13 unités fonctionnent en cogénération pour une puissance électrique installée de 3,5 MW, et une puissance moyenne par unité de 272 kW.

4. Les stations d'épuration urbaines

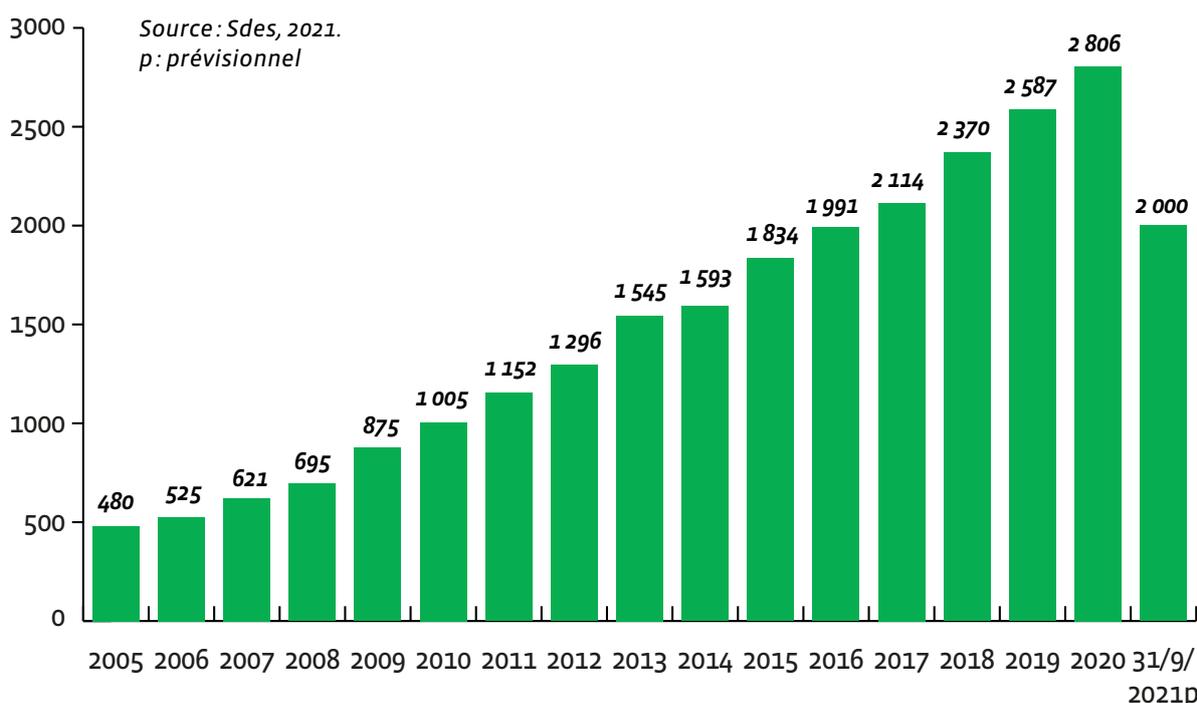
84 équipements étaient en fonctionnement fin 2020 selon Sinoé. Les boues sont digérées dans des méthaniseurs. L'énergie thermique assure le séchage des boues et parfois aussi l'alimentation d'un réseau de chaleur. La plupart des projets actuels d'unités de valorisation de biogaz dans des stations d'épuration urbaines prévoient une injection dans le réseau de gaz pour être mélangé avec le gaz fossile.

5. Les installations de méthanisation agricole individuelles et territoriales

Ces sites sont généralement liés à une ou plusieurs exploitations agricoles pour y valoriser essentiellement les lisiers et, dans une moindre mesure, des déchets agroalimentaires. On distingue deux catégories d'installations : les sites de méthanisation à la ferme gérés par un seul agriculteur, et les unités dites territoriales, qui souvent traitent des effluents issus de plusieurs élevages ainsi que des déchets industriels ou de collectivités. Selon Sinoé, fin 2020, 660 unités à la ferme ou centralisées étaient recensées pour une puissance électrique de 105,5 MW.

Graphique n° 1

Évolution de la production d'électricité d'origine biogaz en France (métropole + DOM) (en GWh)



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA MÉTHANISATION : UNE FILIÈRE EN PLEINE STRUCTURATION

Les multiples secteurs d'application des sites biogaz et les diverses formes de valorisation énergétique ont fait que la filière a progressé à des rythmes différents selon les segments. Alors que les installations à la ferme se sont multipliées ces dernières années, celles issues des autres types (ordures ménagères, sites industriels...) ont parfois stagné ou ont connu des développements plus lents. Les obstacles rencontrés sont divers et il a fallu des adaptations pour tenter d'y remédier, mais ces actions ont participé à la structuration d'un secteur encore relativement jeune en France. Ainsi, un de travail spécifique à la méthanisation et piloté par le ministère de la Transition écologique avait émis en mars 2018 une quinzaine de propositions, validées par l'État, qui ont permis de lever certains freins à la filière. Pour les sites agricoles, les principales avaient été la sortie du statut de déchet pour les digestats, l'utilisation possible du bioGNV par les engins agricoles et la création d'un fonds de garantie publique permettant à BPIFrance d'accorder des prêts sans garantie de la part de l'investisseur. La filière a également observé une simplification des procédures liées aux installations classées protection de l'environnement (ICPE). D'autres actions ont participé à la professionnalisation du secteur comme la création du label qualité Qualimétha pour la conception et la construction d'unités de méthanisation ou la réalisation d'un centre technique du biogaz et de la méthanisation pour aider la filière à répondre aux spécificités nationales.

Par ailleurs, la Banque des territoires, l'Ademe Investissement, GRTGaz, Eiffel Investment Group et Société Générale Assurances ont lancé en février 2020 le fonds Eiffel Gaz vert destiné à soutenir le dévelop-

pement de 50 à 100 unités de méthanisation en France et en Europe, via des prises de participation minoritaires, apports en capital ou quasi-capital. La Fondation Avril a quant à elle lancé en décembre 2020 le fonds Agri impact avec la société de gestion Citizen Capital pour accompagner les agriculteurs dans la diversification d'activité. Enfin, le comité stratégique de filière Industries des nouveaux systèmes énergétiques, institué en 2019, s'est fixé une feuille de route dédiée à la méthanisation, qui « *identifie les grands leviers de compétitivité que la filière devra activer pour atteindre à horizon 2030 une baisse de 30% des coûts de production* ». Cependant, malgré ces actions d'accompagnement, le développement du biogaz rencontre une opposition sur le terrain, notamment au niveau des sites à la ferme. En effet, le modèle agricole, fondé sur le fumier et sur certaines cultures, est largement majoritaire dans le modèle français car il permet de fournir de la matière organique en assez grande quantité. C'est essentiellement sur lui que repose le développement du biogaz dans le mix énergétique français et autour de ses projets que les associations locales d'opposition à l'installation de méthaniseurs se multiplient. On lui reproche son impact sur l'agriculture française, ses besoins en énergie, ou encore les risques industriels qu'il ferait peser sur les territoires. Ainsi, à quelques kilomètres de Nantes, le projet d'hyperméthaniseur qui devait voir le jour à Corcoué-sur-Logne a ainsi récemment reçu un avis défavorable de la part du conseil départemental de Loire-Atlantique. En cause, son incompatibilité avec les infrastructures routières existantes, mais aussi l'opposition forte de citoyens et d'élus locaux face à ce qui devait devenir la plus grande installation française dédiée à la

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Créer un « modèle français » de la méthanisation

Afin de faire le point sur la filière, une mission d'information (MI) parlementaire a été créée en mars 2021 sur "La méthanisation dans le mix énergétique : enjeux et impacts". Selon les résultats de l'enquête, si la production de biogaz, et plus particulièrement de biométhane, connaît une forte croissance, la lenteur et la nature de la refonte du cadre de soutien handicapent la filière. Les tarifs d'achat sont en effet devenus moins favorables, avec l'arrêté du 23 septembre 2016 pour l'électricité, puis celui du 23 novembre 2020 pour l'injection. La suppression de l'exonération de la TICGN₁ sur le biogaz injecté, par la loi de finances pour 2020, n'arrange pas les choses. La mission se demande si les dispositifs de soutien extrabudgétaires tels que les garanties d'origine ou les certificats de production de biogaz, le taux de réfaction... suffiront à compenser ces évolutions. Elle s'interroge en outre sur la capacité des producteurs à se saisir des prêts sans garantie de BPIFrance, des aides de l'Ademe, de l'ANR et des régions.

La MI souligne également le décalage entre les objectifs de la PPE et le nombre de projets très important en file d'attente. Elle plaide en faveur d'un « modèle français » de la méthanisation « fondé sur un développement maîtrisé, cohérent avec les territoires et leurs capacités propres, respectueux de l'environnement et utile aux agriculteurs ». Dans son rapport publié en septembre, elle formule en ce sens 61 propositions (cf. 3 questions à).

méthanisation. Autre élément propice aux critiques : l'épandage du digestat, la matière restante à l'issue de la méthanisation, utilisé comme fertilisant naturel. Dans les régions calcaires où les sols sont peu épais, ces épandages riches en azote peuvent donner lieu à une infiltration dans les eaux souterraines, alerte Michel Bakalowicz, du Comité scientifique pour une méthanisation raisonnée. Dernier point sensible, le fait d'utiliser une partie des cultures céréalières pour une production énergétique soulève la question de la vocation de l'agriculture. Pourtant, sur ce point, le modèle français est plus précautionneux que la stratégie de l'Allemagne, où le plafond d'utilisation des cultures céréalières dans la totalité de la biomasse méthanisée est fixé à 44 %, contre 15 % en France. Sur ce point, le modèle français est plus hésitant que la stratégie de l'Allemagne, où 9 300

unités de méthanisation produisaient déjà 30 TWh de biogaz en 2017. Depuis 2016, la France limite en effet à 15 % la part des cultures principales dans la totalité de la biomasse méthanisée, là où l'Allemagne a fixé un plafond de 44 % pour le maïs et les graines céréalières. Pour compenser, les producteurs ont parfois recours à des cultures intermédiaires à vocation énergétique, implantées et récoltées entre deux cultures principales dédiées à l'alimentation. Cependant, ces cultures énergétiques sont elles aussi critiquées car elles nécessitent d'être semées, labourées, irriguées, voire fertilisées, et font augmenter le bilan environnemental de la méthanisation. Le modèle d'un secteur biogaz à la française est donc encore à définir. Cela a d'ailleurs été l'objet d'une mission d'information parlementaire initiée en mars 2021 (voir encadré ci-dessus).

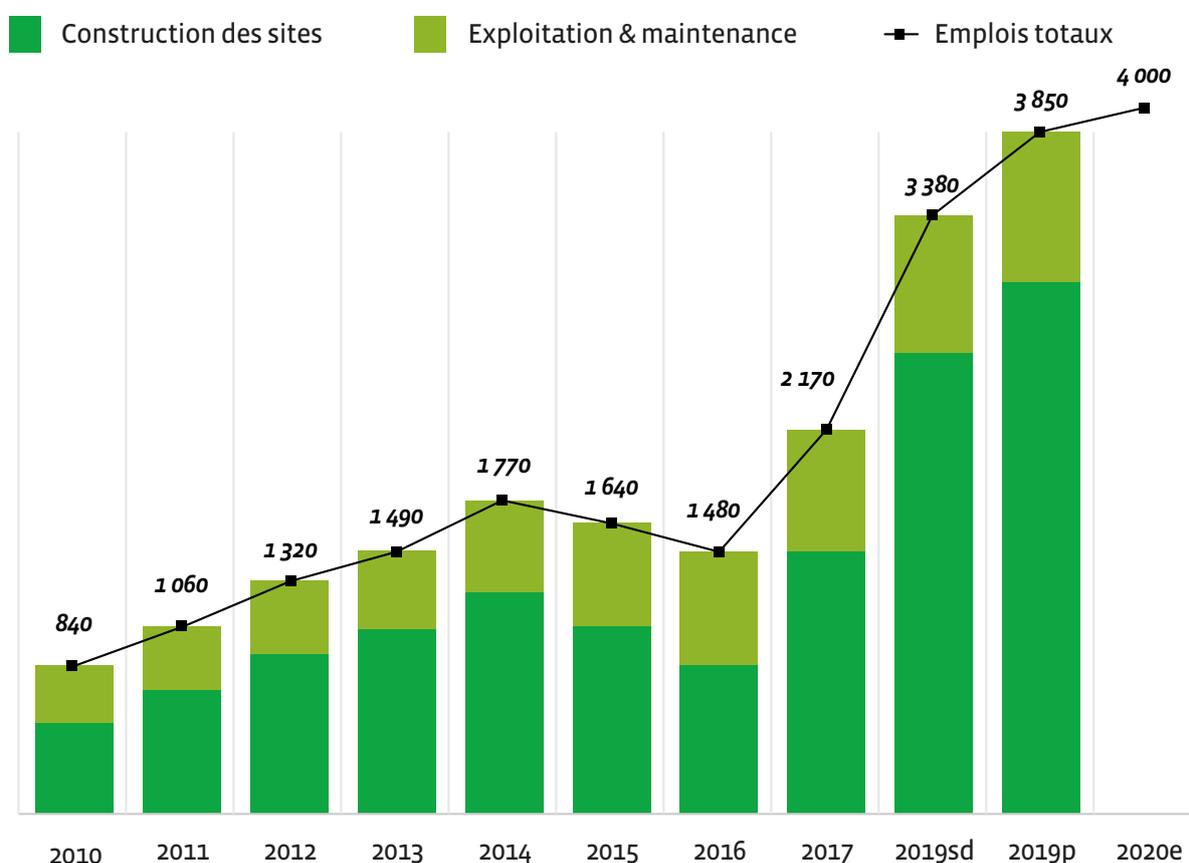
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 2

Emplois directs biogaz (toutes valorisations confondues)

Source : “Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021. sd : semi-définitif ; p : provisoire ; e : estimé



4 000 EMPLOIS DIRECTS ET 1,2 MILLIARD DE CHIFFRE D’AFFAIRES

Les chiffres publiés dans l’étude “Marchés et emplois” de l’Ademe font état d’une estimation à 4 000 emplois directs dans le secteur de la valorisation énergétique du biogaz en France (graph. n° 2). Ce chiffre porte sur l’ensemble des différentes valorisations (électricité, chaleur et biométhane injecté). Les emplois sont en nette progression depuis 2017 et cela est en relation avec une hausse des investissements depuis 2016. Ainsi selon le site Sinoe, 195 nouvelles installations ont été mises en service en 2020 : 145 unités agricoles, 34 unités centralisées, 2 en déchets

ménagers, 8 en station d’épuration urbaine et 6 dans l’industrie.

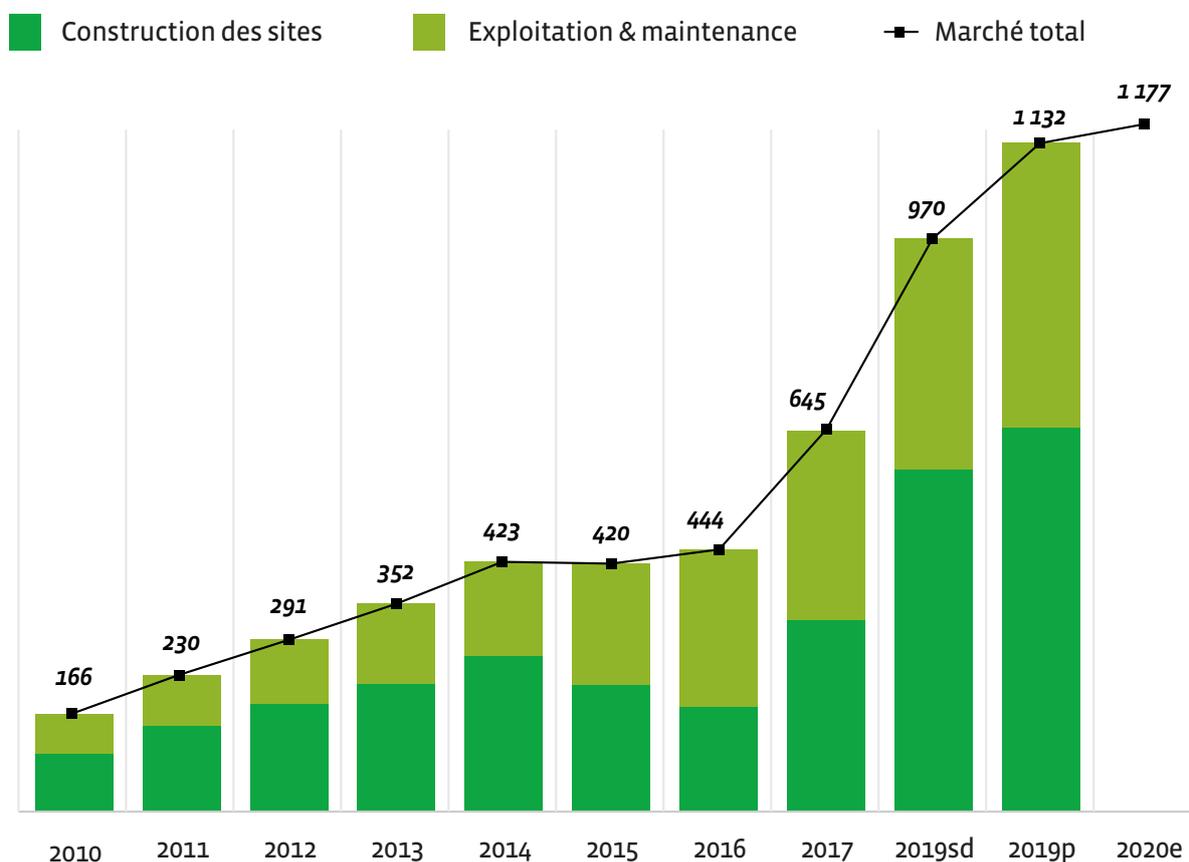
La courbe de l’activité économique suit la même dynamique que celle de l’emploi avec en 2019 des investissements de 650 millions d’euros pour les nouveaux sites et 482 millions pour l’exploitation du parc total. Si les principaux constructeurs européens de turbines à gaz utilisées dans la valorisation du biogaz sont des filiales généralement allemandes de groupes américains (Waukesha Dresser, GE Jenbacher, Caterpillar), de petites structures françaises sont récemment apparues sur le secteur des systèmes de traitement du biogaz, favorisées notamment par la

Graphique n° 3

Marché français du biogaz (en M€ – toutes valorisations confondues)

Source: "Marché et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération", Ademe, 2021.

sd: semi-définitif; p: provisoire; e: estimé



67

filière biométhane agricole (Prodeval via Valopur, Gaseo Développement). Par ailleurs, de nombreuses PME françaises sont actives dans l'intégration, l'ingénierie et les études techniques liées aux projets de valorisation du biogaz (Veolia, Suez Environnement, Artelia). ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ www.ademe.fr
- ✓ Baromètre EurObserv'ER biogaz
- ✓ www.atee.fr/biogaz
- ✓ www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biogaz
- ✓ www.europeanbiogas.eu/biogaz-europe
- ✓ www.france-biomethane.fr

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Daniel Salmon**
(Ille-et-Vilaine,
Écologiste –
Solidarité
et territoires),
rapporteur
de la mission

d'information sénatoriale sur
la méthanisation

1 Pourquoi avoir réalisé cette mission d'information?

Je suis sénateur écologiste et donc intéressé par la sortie du fossile et du fissile et par les énergies renouvelables. Je suis par ailleurs de près le monde agricole. Or la méthanisation est à la croisée des secteurs de l'énergie et de l'agriculture. Depuis quelques années, elle se développe beaucoup en Bretagne, d'où je suis originaire, et plus généralement en France, créant de vives polémiques. Je voulais par ce travail, qui a duré six mois et qui se poursuit actuellement, en comprendre les tenants et les aboutissants au-delà des controverses. Le but est de donner les clés aux élus, aux services déconcentrés de l'État et aux ministères concernés pour avoir une vision éclairée de cette filière.

2 Qu'est-ce que vous en retenir majoritairement?

Il y a eu, grâce aux aides, un développement très important de la méthanisation. Les agriculteurs se sont emparés de cette technologie qui leur permet d'avoir des revenus garantis sur le long terme, au point que les objectifs des précédentes PPE étaient en passe d'être largement dépassés. Je crois qu'il était nécessaire de freiner un peu pour prendre le temps de développer une vision à long terme de cette filière. Il y a des enjeux forts et multiples autour de la biomasse. Les agriculteurs ont de tout temps cultivé la terre pour nourrir les hommes mais aussi pour produire des fibres comme le chanvre ou le lin pour l'habillement ou l'isolation des maisons par exemple, et pour nourrir les animaux qui travaillaient sur leurs terres. Je ne trouve donc pas gênant que les agriculteurs produisent de l'énergie par la méthanisation, au contraire, mais ils doivent le faire en respect des autres filières agricoles, de la faune et de la flore, et en conservant la capacité du sol à stocker du carbone. Il ne doit pas être question par exemple, à mon sens, d'abandonner certaines cultures alimentaires ou l'élevage dans le seul but de développer des cultures à vocation énergétique (Cive), et d'utiliser des engrais de synthèse et des produits phytosanitaires sur celles-ci. Les installations de méthanisation doivent en outre être autonomes. Il faut privilégier au maximum les intrants de la ferme et éviter de nourrir les animaux d'élevage, dont les effluents alimentent les méthaniseurs, avec du soja brésilien par exemple. Les petites unités de méthanisation sont ainsi à mon sens à privilégier et leur développement doit se faire

dans le cadre d'une planification territoriale à long terme en ce qui concerne la gestion de nos surfaces agricoles et de nos forêts.

3 Dans les 61 propositions émises, vous recommandez le maintien d'«un plein soutien à la valorisation du biogaz par cogénération, en particulier dans le cadre des tarifs d'achat».

Pourquoi est-il important de poursuivre le développement de la cogénération en regard de l'injection ?

La cogénération est très intéressante car elle permet une production continue d'électricité qui contribue à la stabilisation du réseau électrique. Elle évite en outre d'avoir à épurer le biogaz en biométhane, ce qui coûte cher, et à tirer des réseaux de gaz pour injecter du biogaz. Mais il faut que la chaleur soit valorisée au mieux, sans quoi le bilan carbone de l'opération est très dégradé. Et c'est tout le problème. Il est souvent difficile de trouver un débouché toute l'année, d'autant plus lorsque les installations sont de taille importante. Il y a en ce sens une voie qui me paraît très intéressante: la liquéfaction du biogaz. C'est ce que propose la société Sublime Énergie, pour le transporter par citerne vers une centrale de cogénération située à proximité d'un réseau de chaleur par exemple. La liquéfaction permet de réduire énormément le volume occupé par le biogaz et de baisser ainsi les coûts de transport et l'impact carbone de l'ensemble de l'opération. Et dans ce cas, on est sûr de valoriser toute la chaleur. ●

Le centre d'incinération et de valorisation énergétique Isséane, à Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine). La chaleur générée par la combustion des déchets permet de produire de la vapeur, pour alimenter le réseau de chaleur de la CPCU, et de l'électricité, utilisée pour le fonctionnement du centre et dont le surplus est vendu à EDF.

CHIFFRES CLÉS

Capacité installée en 2019

888,7 MWe

Production électrique en 2020¹

2118 GWh

Objectif de production d'électricité à partir d'UIOM en 2028

2,3 TWh

Emplois directs dans la filière à fin 2020

630 ETP

Chiffre d'affaires dans la filière à fin 2020

180
millions d'euros

1. Chiffre prévisionnel.

Malgré des arrêts techniques sur plusieurs installations, la production de chaleur et d'électricité issue de l'incinération des déchets est en hausse grâce à l'optimisation des performances des unités existantes. En complément, la filière des combustibles solides de récupération (CSR) est mise à l'honneur dans la loi antigaspillage pour une économie circulaire (Agéc) de février 2020.

70

DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

La valorisation énergétique des déchets se fait soit par la valorisation du biogaz (issu des installations de stockage de déchets non dangereux, dits ISDND, et de méthanisation) ou par traitement thermique (incinération, co-incinération, pyrogazéification). En France, l'incinération est le principal mode de production énergétique à partir des déchets. Cette transformation se fait dans des unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM) qui accueillent des déchets non inertes et non dangereux, dont une grande majorité (les deux tiers) provient de déchets municipaux (déchets ménagers et assimilés plus déchets des communes, hors déblais et gravats). Le dernier tiers provient mais des refus de tri de déchets d'activités économiques dits DAE. L'énergie dégagée par la combustion des déchets peut être valorisée sous forme de chaleur seule ou d'électricité, ou bien en cogénération (production concomitante d'électricité et de chaleur). En 2018, 79 % de la chaleur générée par les déchets et 67 % de l'électricité provenaient des UIOM. C'est sur la production d'électricité par incinération et par les autres traitements thermiques des déchets que porte cette fiche. Actuellement, en conformité avec

les règles européennes, il est considéré que la moitié de l'énergie produite par les incinérateurs et issue de la fraction biodégradable des déchets est renouvelable. Les 50 % restants sont qualifiés d'énergie de récupération. Quoi qu'il en soit, c'est bien la totalité de l'énergie issue de la combustion des déchets qui vient en substitution à des filières classiques de production d'énergie. En matière de gestion des déchets, la valorisation énergétique intervient en troisième recours. La réduction des déchets et la valorisation matière sont la priorité. La mise en décharge est l'ultime solution. C'est la directive cadre européenne de 2008 qui l'impose. Elle est déclinée en France par le Plan de réduction et de valorisation des déchets 2025, né en décembre 2016 de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). Celle-ci prévoit in fine une réduction de 50 % des déchets non dangereux non inertes envoyés en installations de stockage entre 2010 et 2025.

DES TONNAGES LÉGÈREMENT EN HAUSSE

Les chiffres les plus récents concernant la gestion des déchets ont été publiés par l'Ademe en avril 2021, représentant notamment les données de



La loi Agec fixe de nouveaux objectifs

Pour mieux réduire les déchets, en février 2020 a été adoptée la loi Agec, antigaspillage et économie circulaire. Elle marque l'aboutissement d'une série d'avancées réglementaires depuis la LTECV. Elle prend mieux en compte l'ensemble du cycle de vie des produits et fixe de nouveaux objectifs pour 2030 par rapport à 2010 : une réduction de la production de déchets de 15 % pour les déchets ménagers et assimilés et de 5 % pour les déchets d'activité économique ainsi qu'une augmentation du réemploi et de la réutilisation en vue d'atteindre l'équivalent de 5 % du tonnage des déchets ménagers en 2030.

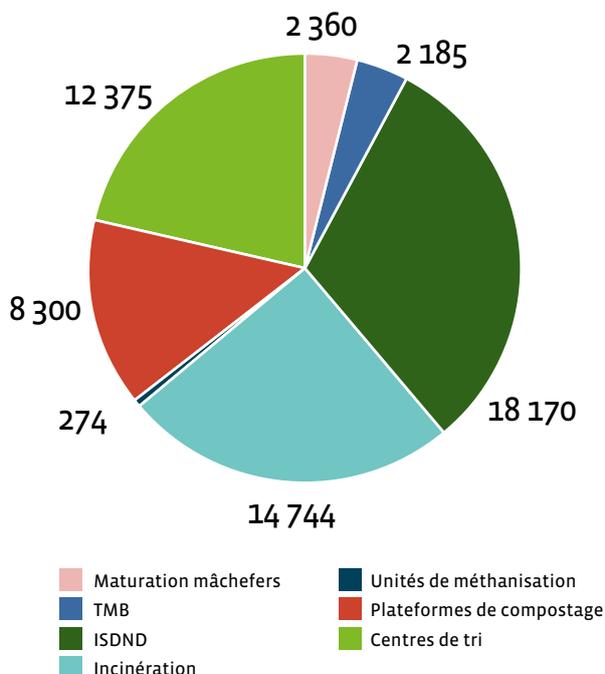
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 1

Détail des modes de traitement des déchets par filière en 2018 (en milliers de tonnes)

Source : Ademe – Enquête ITOM



la dernière enquête réalisée par l'Agence en 2018 sur "Le traitement des déchets ménagers et assimilés" publiée en décembre 2020. Celle-ci montre que, entre 2016, date de la précédente enquête, et 2018, la quantité de déchets entrant dans les installations de traitement des ordures ménagères dites Itom (centre de tri, traitement thermique et biologique, centre de stockage de déchets non dangereux) est passée de 58,9 millions de tonnes à 62,5 millions de tonnes. La croissance de déchets entrants est constatée sur tous les types d'installation, y compris les installations de stockage de déchets non dangereux, en dépit des objectifs de la LTECV (cf. 3 questions à).

Dans les UIOM, 14,744 Mt de déchets ont été réceptionnés en 2018 (25% des déchets traités par les Itom), soit 1,6% de plus qu'en 2016.

Dans chaque région, les tonnages entrants sont quasiment au niveau des capacités réglementaires. L'incinération sans valorisation énergétique étant considérée, avec le stockage, comme la solution la moins vertueuse, au fil des années, quasiment l'ensemble des UIOM ont été équipés pour récupérer l'énergie. Le nombre d'UIOM avec production d'énergie est ainsi passé de 109 en 2000 à 118 en 2018 et les tonnages réceptionnés dans les UIOM avec production d'énergie de 10,3 Mt en 2000 à 14,7 Mt en 2018. En parallèle, le nombre total d'UIOM a baissé, s'adaptant à la réduction prévue des quantités de déchets à traiter. Entre 2016 et 2018, cinq unités ne produisant pas d'énergie ont cessé leur activité et seules deux ont été créées, pour arriver à un total de 121 unités en 2018. Ainsi, seuls trois petits UIOM ne récupéraient pas l'énergie en 2018 et 99% des déchets réceptionnés en UIOM ont été valorisés énergétiquement cette année-là. La division par deux, entre 2010 et 2025, des tonnages éliminés par incinération sans récupération d'énergie semble ainsi déjà atteinte.

713 KT DÉTOURNÉS DE L'INCINÉRATION

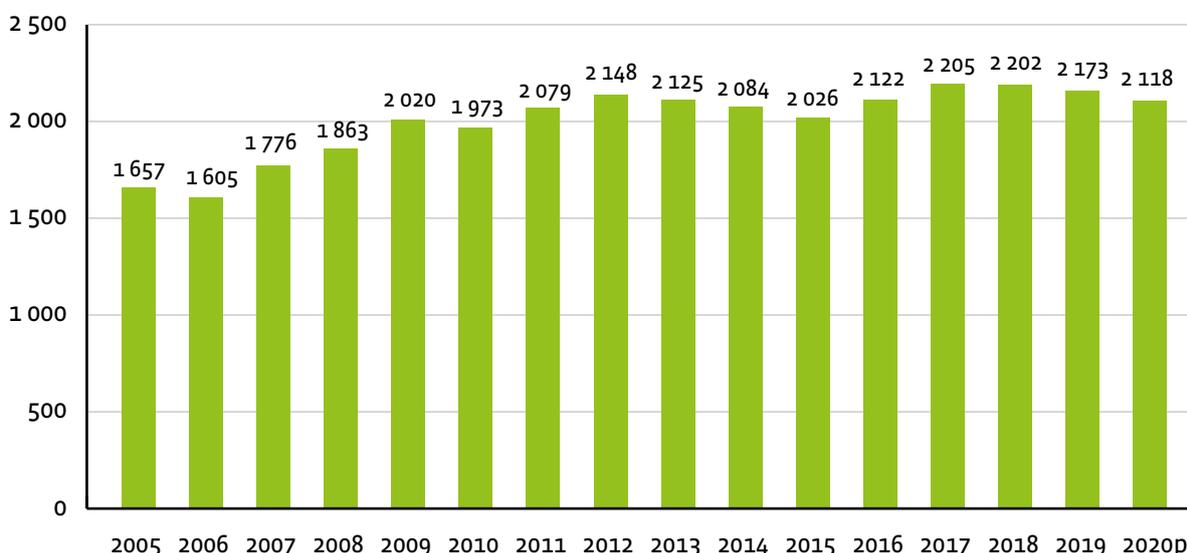
Le nombre d'UIOM atteignant le seuil R1 de 60 ou 65 % de performance nécessaire pour être considéré comme site de valorisation énergétique a, en outre, beaucoup progressé ces dernières années. Selon la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2020, en 2015, parmi les 126 UIOM existants, 52 étaient des unités de valorisation énergétique et 64 des unités de récupération ($R1 < 0,6$ ou $0,65$), alors qu'en 2018, 76 installations présentaient une performance énergétique élevée. Parmi les 14,7 Mt réceptionnées dans les UIOM avec production d'énergie, 713 kt ont été détournées vers d'autres installations

Graphique n° 2

Production brute d'électricité à partir de déchets municipaux renouvelables (en GWh)

Source : Eurostat.

p : provisoire



de traitement. Ces détournements ont augmenté de 50% entre 2016 et 2018, très majoritairement en raison d'arrêts techniques programmés, probablement dus à l'anticipation de l'évolution des normes d'émission du "Bref - incinération" (Best Available Techniques Reference Document) adoptée par la Commission européenne fin 2019. Ce document de référence précise les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets, que les installations ont quatre ans pour mettre en œuvre. Le tonnage de déchets incinérés a donc été de 14 Mt en 2018, quasiment équivalent à celui de 2016. La production énergétique a cependant progressé, passant de 4,184 TWh électriques et 10,178 TWh thermiques en 2018, contre 4 360 GWh électriques et 9 799 GWh thermiques en 2016. Sur les 118 unités, 23 ne produisent que de la chaleur, 20 de l'électricité seule et 69 de la chaleur et de l'électricité par cogénération (six ne sont pas renseignées). Plus précisément, les

trois quarts du tonnage sont valorisés par cogénération. Des chiffres sont disponibles pour 2019 montrant une faible évolution : sur les 118 unités toujours en activité, 24 produisent exclusivement de la chaleur, 22 de l'électricité seule et 72 de la chaleur et de l'électricité par cogénération (Sdes, enquête sur la production d'électricité ; Ademe, Itom). Afin de mieux valoriser l'énergie des déchets, la PPE 2020 préconise de poursuivre l'optimisation des unités existantes en application du nouveau guide "Bref - incinération". Les aides versées en ce sens par l'Ademe doivent ainsi être maintenues. Cette optimisation pourrait conduire à une production de chaleur supplémentaire de l'ordre de 7 à 10 TWh, dont 60% à destination des réseaux de chaleur et de refroidissement. La PPE 2020 prévoit en revanche une réduction des tonnages de déchets traités devant entraîner une diminution de production d'énergie de 2,5 TWh d'ici à 2025. En 2028, la production de

Coup de frein sur le traitement mécano-biologique

Le traitement mécano-biologique (TMB) vise à recycler ou optimiser le traitement des ordures ménagères résiduelles. En 2015, la LTECV a posé comme principe que la généralisation du tri à la source des biodéchets rendrait à l'avenir non pertinent le prétraitement par TMB. De ce fait, le parc d'installations TMB décroît, puisqu'en 2018 la France comptait 50 installations, soit 5 de moins qu'en 2016. L'amélioration de l'efficacité en termes de valorisation énergétique du parc TMB est également un enjeu (méthanisation et élaboration de CSR). La loi Agec de février 2020 interdit d'utiliser la fraction fermentescible des déchets issus de ces installations dans la fabrication de compost à partir de 2027.

chaleur à partir d'UIOM devrait ainsi être de 15 à 18 TWh et la production d'électricité de 2,3 TWh selon le document. Pour favoriser le recyclage, en respect des préconisations de la LTECV, la taxe globale sur les activités polluantes (TGAP), diminuée pour les installations qui atteignent le seuil de R1, a commencé à augmenter en 2021. Cette hausse devrait se poursuivre jusqu'en 2025 dans le but de rendre le coût de la mise en décharge et de l'incinération supérieur de 10 euros par tonne (€/t) à celui du recyclage. En application du décret n° 2019-527, depuis le 30 mai 2019, la production d'électricité par les UIOM n'est également plus soutenue par un système de complément de rémunération en guichet ouvert.

spécialisés dans la construction d'usines d'incinération : Cnim (Constructions navales et industrielles de la Méditerranée), Inova Opérations (filiale d'Altawest, détenteur de la licence des fours d'incinération HZI en France, au Maghreb, au Liban et en Turquie), Vinci Environnement (filiale du groupe Vinci spécialisée dans les unités de tri, recyclage, compostage, méthanisation et incinération) et Dalkia Wastenergy (anciennement Traitement industriel des résidus urbains - Tiru) entre autres. Globalement, l'équivalent emplois temps plein pour le secteur est évalué à 630 en 2020 pour une activité de 190 millions d'euros. Ces deux chiffres sont des valeurs provisoires issues de l'étude annuelle de l'Ademe "Marchés et emplois dans le secteur des énergies renouvelables et de la récupération" publiée en juillet 2021.

630 ETP ET 180 MILLIONS DE CHIFFRE D'AFFAIRES

Le marché de l'exploitation des incinérateurs est dominé par trois grands groupes : Suez (via ses filiales Sita et Novergie), Véolia, et EDF (via sa filiale Tiru). Les collectivités locales, des groupes spécialisés dans les déchets ou encore des constructeurs (Inova Opérations) exploitent aussi des installations (même si leur segment est beaucoup plus limité). Plusieurs groupes français sont

LA FILIÈRE CSR POURSUIT SON DÉVELOPPEMENT

Outre l'incinération en UIOM, la valorisation énergétique des déchets peut également se faire de façon différée via ce que l'on appelle la co-incinération de combustibles solides de récupération (CSR). Ces CSR sont préparés à

La législation évolue quant à la préparation et à l'utilisation des CSR

Un arrêté du 2 octobre 2020 est venu simplifier la réglementation applicable aux CSR. Le premier volet du texte modifie l'arrêté de mai 2016 relatif à la préparation des CSR. Désormais, les installations de traitement thermique des déchets (rubrique ICPE 2771), hors incinération et co-incinération, seront autorisées à produire des CSR. Le texte restreint et facilite également les analyses obligatoires. Il modifie ensuite l'arrêté relatif aux installations de combustion de CSR. Désormais, les rendements mensuels doivent être supérieurs à 70 % du 1^{er} novembre au 31 mars et supérieur à 30 % pour les autres mois pour les installations alimentant un réseau de chaleur et équipées d'une cogénération ; supérieurs à 30 % pour les installations de production d'électricité d'une puissance thermique nominale de moins de 20 MW, les installations implantées dans les départements d'outre-mer et pour les installations de production électrique de moins de 20 MW dont la chaleur fatale est utilisée pour la préparation des CSR. L'utilisation de bois déchets non dangereux respectant les seuils et les critères fixés pour la préparation des CSR est également autorisée par le nouvel arrêté. Celui-ci permet enfin, entre autres, de dimensionner une installation sur la base de la cogénération, et non plus uniquement en fonction du besoin local (industriel ou réseau de chaleur).

partir de déchets non dangereux qui n'ont pu être valorisés sous forme de matière (refus de tri de DAE essentiellement), en respectant certaines normes (pouvoir calorifique, teneur en chlore, etc.). Ils peuvent alors être utilisés pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité. Ce traitement thermique peut se faire chez l'industriel utilisateur ou dans des sites dédiés classés ICPE 2971 installés à proximité. Ceux-ci se différencient d'un incinérateur par leur finalité de production d'énergie (et non d'élimination de déchets) et par la nature des déchets utilisés pour préparer les CSR. Les quantités de déchets stockés ayant augmenté de 16 % entre 2016 et 2018, en raison d'un accroissement des quantités de refus de tri à traiter, la loi Agec fixe l'objectif d'«*assurer la valorisation énergétique d'au moins 70 % des déchets ne pouvant faire l'objet d'une valorisation*

matière d'ici 2025», avec l'idée de renforcer le développement de la filière CSR. Un arrêté du 2 octobre 2020 est en outre venu simplifier la réglementation applicable aux CSR, autorisant, notamment, l'utilisation de bois déchets non dangereux respectant les seuils et les critères fixés pour la préparation des CSR.

En France, en 2017, selon la PPE 2020, 800 kt de CSR ont été produites : 100 kt ont été exportées, 300 kt ont été consommées par la filière des cimenteries, 200 kt ont été consommées par les installations soutenues dans le cadre de l'appel à projets CSR de l'Ademe et 200 kt n'ont pas trouvé de débouché. La programmation énergétique prévoit à l'horizon 2025 un gisement annuel de CSR estimé à 2,4 Mt capables de générer 8,4 TWh d'énergie. 1 Mt est plus particulièrement destinée à la co-incinération dans les cimenteries.

DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

Reste un gisement de 1,4 Mt qui pourrait être orienté vers des unités de valorisation énergétique de CSR. Ce flux aura toutefois vocation à décroître dans le temps en lien avec les politiques de prévention et d'amélioration de la valorisation matière. Afin d'atteindre ces objectifs, l'Ademe soutient financièrement le développement des unités de valorisation énergétique de CSR. En 2015, l'agence a aidé l'installation de Changé (Mayenne) de 22 MW inaugurée fin 2017. Puis elle a lancé un premier appel à projets (AAP) en 2016 (trois lauréats) suivi d'un deuxième en 2017 (deux lauréats), soutenant seulement la production de chaleur, sauf pour l'outre-mer. Un seul projet a abouti pour l'instant : Blue Paper (Bas-Rhin), de 22 MW, qui produit et autoconsomme ses CSR. Un deuxième est en cours, le projet Ileva à La Réunion (60 MW de production d'électricité) qui devrait aboutir en 2023. En août 2021, la Commission européenne a validé l'aide de l'État octroyée à cette unité de 37,4 millions d'euros. Les autres projets sont abandonnés ou suspendus.

L'Ademe a lancé une troisième session d'appels à projets énergie CSR en septembre 2019. Cette fois, les unités de cogénération étaient autorisées. La production d'électricité seule est éligible aussi pour la Corse en plus de l'outre-mer. L'appel à projets entrouvre également la porte à des CSR produits à partir d'ordures ménagères résiduelles, qui devront cependant ne pas dépasser 30 % de l'approvisionnement. Six projets ont été sélectionnés en juillet 2020 et quatre en décembre, représentant une puissance installée de 414 MW pour une production de 2,756 TWh/an et 770 470 tonnes/an de CSR valorisés. Deux autres appels à projets ont en outre été

lancés en janvier et octobre 2020. Ce dernier comporte une nouveauté : certains projets pourraient aussi être éligibles au dispositif de soutien au fonctionnement mis en place par le gouvernement dans le cadre du plan de relance. Il bénéficie ainsi d'une dotation supplémentaire de 80 millions d'euros. En complément de l'incinération et de la co-incinération, d'autres procédés de traitement thermique de déchets sont en développement, comme la pyrolyse et la gazéification. Ces technologies visent à transformer les déchets carbonés secs en gaz qui sera filtré avant d'être injecté dans des moteurs ou dans la chaudière d'une turbine à vapeur pour produire de l'électricité. Il peut s'agir de déchets biogéniques (bois en fin de vie, déchets verts, farines animales, etc.) ou encore de mélanges préparés sous forme de CSR dont la composition est connue. La PPE 2020 prévoit qu'une partie des déchets orientés vers la valorisation énergétique puisse faire l'objet de pyrogazéification, précisant que ces techniques étant en cours de développement, « *il n'est pas possible de préciser à ce stade la part des déchets qui seront concernés* ». ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.sinoe.org
- ✓ www.federec.com
- ✓ www.amorce.asso.fr
- ✓ www.zerowastefrance.org

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Jean-Christophe Pouet**, chef du Service de coordination, d'évaluation et de valorisation (SCEV) de la direction économie circulaire de l'Ademe

1 Comment expliquer que les tonnages entrant dans les Itom aient augmenté entre 2016 et 2018 malgré les objectifs de la LTECV de réduction de 10% des déchets ménagers et assimilés par habitant entre 2010 et 2020 ?

La LTECV a été votée en 2015. Il faut ensuite le temps de la publication des décrets d'application. Il est donc normal qu'en 2018 nous n'en voyions encore que peu les effets. Les premiers résultats de l'enquête Itom 2020 montrent d'ailleurs une réduction de 6% sur la totalité des flux.

Il ne faut pas oublier non plus qu'en 2017, la Chine a décidé de fermer ses frontières aux déchets. Il nous est revenu 1 million de tonnes réparties dans les Itom.

D'autre part, si l'on regarde bien, c'est essentiellement dans les centres de tri qu'il y a une augmentation des tonnages, et un peu également dans les centres de méthanisation et de compostage. Ce qui

est logique étant donné que La LTECV a fixé l'extension des consignes de tri à tout le territoire métropolitain d'ici à 2022. Certaines communes ont démarré en avance donc il y a une augmentation progressive des tonnages qui arrivent dans ces centres. Les tonnages incinérés, les mâchefers et le tri mécano-biologique (TMB) ont peu bougé. Seules les quantités arrivées en installations de stockage ont également augmenté, en raison de l'accroissement des refus de tri notamment, mais cela va se tarir.

2 Comment, à votre avis, les différentes Itom, et notamment les UIOM, vont-elles évoluer ?

Il ne va pas se créer de nouveau centre de TMB ni d'installation de stockage. Le nombre d'UIOM évolue également à la baisse. Les usines qui ne récupèrent pas l'énergie sont fermées petit à petit et celles qui sont éventuellement construites en remplacement le sont à même capacité ou à capacité moindre. Certaines vieilles installations vont en outre être converties en chaufferies CSR. L'énergie issue de l'incinération des déchets va cependant être de mieux en mieux valorisée, donc la production d'électricité va peu bouger à mon sens et la production de chaleur va probablement augmenter pour alimenter les nouveaux réseaux de chaleur.

Les installations de méthanisation et de compostage vont augmenter un peu et les centres de tri vont se développer. Les communes vont en construire de nouveaux pour s'adapter à l'extension des consignes de tri. Mécaniquement, les tonnages sortant de ces centres vont croître aussi, qu'il s'agisse de matière recyclable ou au contraire de ce que l'on appelle les refus de tri.

Ces derniers représentent 25% des tonnages sortant. 20% sont dus à un mauvais tri de la part des citoyens et 5% aux erreurs du centre lui-même. L'idée est que ces refus servent désormais à fabriquer des CSR en respect des objectifs de la PPE.

3 Qu'apporte la loi Agéc (loi antigaspillage pour une économie circulaire) de février 2020 par rapport à la LTECV?

La LTECV représente une véritable avancée mais au fur et à mesure il est nécessaire de compléter les objectifs et d'aller plus loin sur certains points. C'est ce que fait la loi Agéc dans des domaines comme la sortie du plastique jetable ou la lutte contre l'obsolescence programmée. Elle oblige par exemple les réparateurs à proposer au client des pièces détachées issues de l'économie circulaire.

Elle introduit également de nouvelles filières à responsabilité élargie des producteurs (REP) comme la filière des produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment, ce qui va avoir un très fort impact. Il est toujours difficile de savoir si les objectifs seront atteints mais ces lois vont dans le bon sens pour arriver à réduire les déchets et à mieux valoriser ceux qui restent. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée fin 2021

17,2 MW

Production électrique en 2020

128 GWh

Objectif de la filière à 2023

24 MW

Objectif de la filière à 2028

69 MW

Emplois directs dans la filière en 2019¹

90

Chiffre d'affaires dans la filière en 2019¹

39

millions d'euros

¹. Ces chiffres ne portent que sur la filière géothermie haute énergie.

Malgré les incidents sismiques survenus en Alsace fin 2020, la filière géothermie électrogène poursuit son développement, notamment au travers des permis exclusifs d'exploration qui se poursuivent en métropole comme dans les territoires d'outre-mer.

Région Guadeloupe

FILIÈRE GÉOTHERMIE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

La production d'électricité d'origine géothermique est une technologie qui se base sur l'exploitation de milieux souterrains naturellement fracturés à forte perméabilité. Ces cavités sont situées à plus de 1 000 m de profondeur et leur température varie entre 120 et 300 °C. Ce type de sites capables de fournir des débits de production de vapeur élevés est généralement localisé dans une zone volcanique ou tectoniquement active. Pour l'Europe, il s'agit principalement de la Toscane, de l'Islande, des Açores et de quelques îles grecques, auxquelles on peut ajouter des territoires d'outre-mer comme la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion. En France métropolitaine plusieurs zones existent également : le bassin rhénan, la vallée du Rhône ou la vallée de la Limagne (Puy-de-Dôme). La vapeur d'eau puisée par forage est turbinée directement pour générer de l'électricité, puis réinjectée dans le réservoir naturel. Fin 2020, la puissance installée française est de 17,2 MW, grâce à deux sites : la centrale de Bouillante en Guadeloupe (15,5 MW) et celle de Soultz-Sous-Forêts en Alsace (1,7 MW).

BOUILLANTE, BERCEAU DE LA GÉOTHERMIE FRANÇAISE

Dans les Caraïbes, les premiers forages ont été réalisés dans les années 1970 sur le site de Bouillante, en Guadeloupe. Longtemps exploitée par le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) la centrale est aujourd'hui gérée par la société Ormat Technologies, développeur américain de projets géothermiques, associée à la Caisse des dépôts. L'entreprise américaine a des ambitions pour le site, puisqu'après une première augmentation de la puissance de 10 à 15 MW en 2016, l'objectif est désormais d'atteindre 25 MW

en 2022. À plus long terme, une troisième étape devrait consister à exploiter un nouveau réservoir situé au nord de la baie de Bouillante pour porter à 45 W la puissance installée. Dans le cadre de ce projet, la centrale a obtenu début décembre 2019 l'autorisation de procéder à deux nouveaux forages. L'installation, qui compte aujourd'hui cinq puits, a prévu d'en réaliser trois autres d'ici fin 2022 pour doubler une production d'électricité décarbonée qui fournit aujourd'hui entre 6 et 7 % de la consommation électrique guadeloupéenne (à un prix d'environ 30 ct€/kWh, ce qui est compétitif dans un contexte outre-mer). Les deux premières turbines, dites "à ailettes", valorisent la vapeur sèche qui émane de la faille géologique de Bouillante. La nouvelle installation "à fonctionnement binaire" utilisera une deuxième fois la chaleur pour faire monter un gaz en température avant qu'il ne se détende dans la turbine. L'investissement sera de 15 M€ pour les nouveaux puits et de 35 M€ dans l'équipement.

L'autre grande filière technique française en matière de géothermie électrogène se trouve dans la région Grand Est. Le site géothermique de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin) a longtemps été un démonstrateur pour la valorisation de la chaleur piégée dans des roches granitiques naturellement fissurées, faiblement perméables et profondes de plusieurs milliers de mètres. La technologie développée est celle de l'EGS (Enhanced Geothermal System), qui permet d'améliorer la circulation du fluide dans ces réservoirs géothermiques particuliers car ici, à la différence de Bouillante, l'eau géothermale ne circule pas librement dans tout le réseau de failles souterraines. Il faut donc insuffler une circulation en

Tableau n° 1

Permis exclusifs de recherche en France métropolitaine

Source : AFGP.

Zone	Nom du permis	Estimation de la puissance électrique installée (MWe)
Alsace	Wissembourg, Illkirch-Erstein, Strasbourg, Hatten-Rittershoffen	16
Massif central et Limagne	Cézallier, La Sioule, Riom-Clermont Métropole, Combrailles-en-Marche	24
Sud-Ouest	Pau-Tarbes	6
Couloir rhodanien et Haute-Savoie	Val-de-Drôme, Vistrenque	13

libérant les failles de leurs dépôts minéraux (une sorte de détartrage). Derrière la validation de cette technologie, il y avait l'enjeu de pouvoir exploiter des sites ne se trouvant pas directement dans des zones volcaniques, et donc potentiellement plus nombreux. La centrale de Soultz-sous-Forêts a été mise en service en 2008 et elle est aujourd'hui gérée par un groupe européen d'intérêt économique (GEIE), Exploitation minière de la chaleur, détenu par Électricité de Strasbourg (67 %) et l'allemand EnBW (33 %). L'objectif est désormais d'essayer ailleurs sur le territoire les technologies développées depuis plus de vingt ans sur le site alsacien.

Ainsi, les acquis du projet de Soultz ont notamment permis de valider la technologie EGS à travers la centrale de Rittershoffen. Inaugurée en 2016 pour un investissement de 55 M€, cette centrale d'une puissance de 24 MWth alimente en chaleur l'usine de transformation d'amidon Roquette-Frères. Pour aller plus loin, 11 permis exclusifs de recherche (PER) ont été octroyés (voir tableau 1). Ces permis se répartissent entre quatre entreprises : Fonroches, Électricité de Strasbourg, TSL Geothermics et Storengy (filiale d'Engie).

Leur objectif est de constituer la première étape, celle des forages exploratoires, qui doit mener à terme à l'installation de futurs sites d'exploitation de production d'électricité et/ou de chaleur à partir de chaleur souterraine.

ARRÊT DU SITE DE VENDENHEIM

Alors que l'ensemble des permis exclusifs de recherche aurait dû mener le parc de géothermie électrogène français à progresser d'environ 60 MWe d'ici à 2028, des incidents survenus sur le site de Vendenheim sont venus porter un coup d'arrêt à plusieurs projets. Situé dans l'Eurométropole de Strasbourg, ce site avait révélé un potentiel intéressant en 2015 suite à des campagnes géothermiques menées par Fonroche. Des forages à plus de 4 000 mètres avaient été réalisés pendant le premier semestre 2018 et ils avaient permis de découvrir des gisements exploitables à des températures avoisinant les 200 °C. Cependant, le projet a été stoppé en décembre 2020 suite à une série de secousses sismiques dont la plus importante a atteint la magnitude de 3,59 sur l'échelle de Richter. La centrale avait alors été placée en

fonctionnement sécuritaire avec un faible débit de circulation d'eau (40 m³/h), avant qu'un arrêté préfectoral ne vienne stopper les projets en géothermie profonde dans la zone de l'Eurométropole. En 2021, Fonroche s'est concentré sur l'analyse et la compréhension de ce qui s'est passé sur le site de Vendenheim. Dans cette tâche, l'entreprise a été notamment accompagnée par l'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG – voir 3 questions à) dont les travaux se sont également inscrits dans un groupe de travail européen piloté par l'Egec (association européenne de la géothermie). Les conclusions ont mis en avant un défaut de connexion entre les deux puits forés à Vendenheim, ce qui a créé un déséquilibre dans le sous-sol engendrant les épisodes sismiques. Depuis juin 2021, le site est stable, mais un arrêt définitif a été imposé à la centrale par la préfète de Strasbourg. Suite à cette décision, Fonroche s'est pourvu en justice pour ne pas condamner les puits de Vendenheim. L'entreprise souhaiterait en effet tenir compte des analyses faites et des retours d'expérience observés sur d'autres projets en Europe pour appliquer une nouvelle trajectoire aux puits et, à terme, relancer éventuellement le projet, même si cela ne pourra se faire sans l'acceptation des populations avoisinantes. Les arrêts survenus autour de Strasbourg n'ont cependant pas concerné l'ensemble des permis d'exploration français en cours. Les opérations dans le nord de l'Alsace (à Wissembourg) ou dans les autres zones du pays sont toujours en développement et certaines ont fait l'objet de dépôts de travaux miniers en 2021. Dans les territoires d'outre-mer, plusieurs permis exclusifs de recherches ont été déposés en 2021 ou sont en cours d'instruction. Ainsi, en

Guadeloupe, sous le nom de Vieux Habitants, au sud de la centrale de Bouillante, un permis accepté en 2016 est en cours d'investigation par l'AMI Geotref (appel à manifestation d'intérêt de l'Ademe). À la Réunion, un permis a été déposé pour le site de Salazie-Cilaos. En Martinique, deux PER sont en cours d'instruction, et des études sont en cours sur un site à Mayotte. Contrairement aux projets en métropole, ces installations géothermiques ne seront pas en cogénération et ne produiront a priori que de l'électricité.

Hormis les vicissitudes rencontrées en Alsace, la filière géothermique électrogène a été confrontée à un autre obstacle au cours des derniers mois. En 2021, a été officialisé l'arrêt du soutien à la filière avec l'abrogation annoncée en 2020 du tarif d'achat pour les nouveaux sites français. Cet arrêt n'a pas été une surprise car il avait été initialement annoncé lors de la validation de la programmation pluriannuelle de l'énergie en 2020. Les acteurs du secteur ont cependant pu obtenir des services de l'État que tous les projets déposés avant le 31 décembre 2021 puissent encore profiter de cette aide. Ainsi plusieurs dossiers ont été constitués et, à mi-décembre 2021, l'ensemble représentait 57 MW. Ces sites, s'ils aboutissent, pourront bénéficier d'un tarif de 246 euros par MWh pour l'électricité produite.

UN NOUVEAU CODE MINIER OPÉRATIONNEL POUR 2022

L'autre grand chantier du secteur était la refonte du cadre réglementaire à travers la réforme du code minier. Initialement attendue pour 2019, cette modification devrait entrer définitivement en vigueur en 2022 (voir 3 questions à). La loi climat et résilience promulguée

La filière française du lithium d'origine géothermique en suspens

Et si les batteries des prochaines voitures électriques étaient produites en Alsace au lieu de venir de Chine ? Du lithium est en effet présent dans les eaux extraites des puits de forage géothermiques profonds. Cette extraction est faisable, mais la difficulté est de le faire en continu, sans interrompre la production énergétique du site. Cela change la géochimie des fluides utilisés et faisant le choix du bon adjuvant qui permettra de ne pas colmater le puits de forage. L'extraction du lithium est un sujet d'enjeu stratégique. En effet, il s'agit d'un élément utilisé pour de nombreuses applications, à commencer par les batteries lithium-ion, nécessaires à la mobilité électrique. Cependant, les sites de production mondiale sont peu nombreux et répartis dans cinq pays, dont la France ne fait pas partie. La présence de lithium est connue depuis plusieurs années dans le nord de l'Alsace, mais il n'y avait pas à l'époque l'intérêt que l'on connaît aujourd'hui. C'est donc un réel avantage stratégique pour la filière géothermique, étant donné que la demande en lithium augmente significativement avec les nouvelles politiques de mobilité, mais aussi parce que l'industrie française est aujourd'hui dépendante des pays producteurs, souvent exposés aux risques géopolitiques. Selon l'AFPG, si les centrales géothermiques avaient la capacité de capter les 200 mg/l de lithium contenus dans l'eau prélevée, il suffirait de 10 centrales d'environ 25 MWth pour que le lithium extrait couvre la consommation actuelle de l'élément par la France. Toutefois, l'arrêt des opérations sur le site de Vendenheim combiné à l'annonce de la suppression du soutien à la production électrique pour les futurs sites géothermiques dans la programmation pluriannuelle de l'énergie change la donne. L'électricité géothermique des premiers sites métropolitains sera probablement trop chère pour se vendre sur les marchés de l'énergie, et l'apport économique de l'extraction du lithium ne suffira pas à assurer la rentabilité des sites. Ce serait donc l'ensemble de la filière lithium française d'origine géothermique qui serait menacé avant même d'avoir pu réellement émerger commercialement.

à l'été 2021 a traité la géothermie dans deux articles et il ne reste plus que les ordonnances et décrets d'application pour rendre ce nouveau cadre totalement effectif. L'objectif était de moderniser un outil élaboré pour la première fois en 1810 et qui n'était plus adapté pour régir l'ensemble des ressources et des usages du sous-sol, qui sont d'une grande hétérogénéité. Cela couvre en effet des ressources aussi

diverses que les minerais ou la géothermie profonde en passant par l'exploitation des ressources minérales marines. Le projet de réforme visait également à mieux prendre en compte les enjeux environnementaux et socio-économiques des territoires et à améliorer la participation du public. Le nouveau cadre prévoit la production d'une analyse environnementale, économique et sociale avant l'octroi

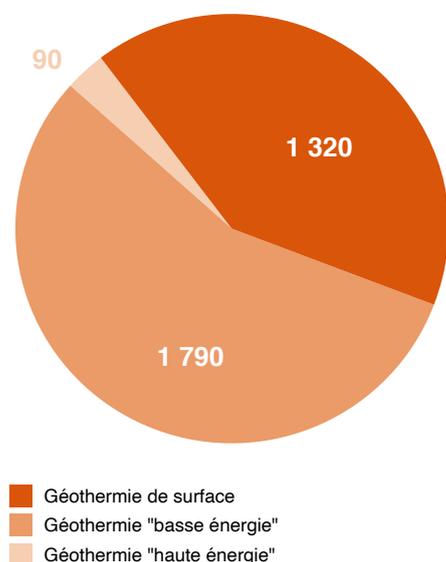
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 1

Répartition des emplois directs de la filière géothermie en 2019

Source : Ademe, 2021.



d'un titre minier. Cette analyse fera l'objet d'un avis de l'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) et d'un avis économique et social du Conseil général de l'économie (CGE). Les textes prévoient également une phase de concertation du public pendant l'instruction du titre exclusif de recherche. Pour conduire cette concertation, le demandeur pourra requérir la désignation d'un garant à la Commission nationale du débat public (CNDP). La réforme instaure par ailleurs une phase de développement du projet minier, avant la demande d'exploitation, qui doit aussi permettre de renforcer la concertation avec le territoire selon le gouvernement. Autre modification prévue: la possibilité de refuser un titre minier pour raison environnementale, ce que le gouvernement ne pouvait juridiquement pas faire jusque-là.

UNE FILIÈRE FRANÇAISE GLOBALEMENT BIEN STRUCTURÉE

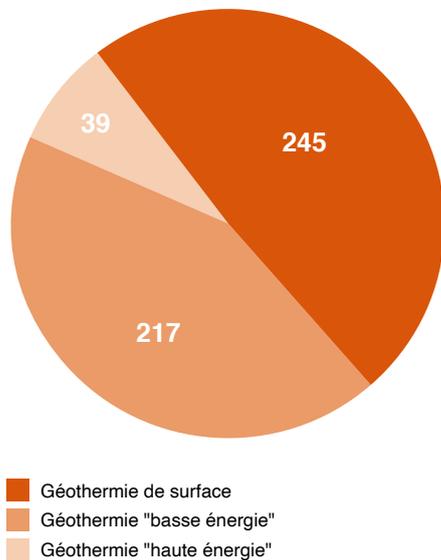
Les professionnels du secteur de la géothermie en France présentent un vrai savoir-faire sur l'ensemble de la chaîne de valeur, même si certaines activités doivent être renforcées. Ainsi les acteurs français sont très performants en matière de géosciences et d'ingénierie des sous-sols. Il en va de même pour les activités de forage pour lesquelles les professionnels français ont un savoir-faire ainsi que les outils pour les opérations en surface comme le traitement des eaux, les conduites de surface ou l'ingénierie des centrales. En revanche, sur les services autour des puits, il y a eu de la perte de savoir-faire ces dernières années, même si un tissu d'acteurs demeure. Le point faible est celui des turbiniers. Il n'y a pratiquement qu'une seule entreprise française sur ce type d'installations : Enertime. Pour les sites actuels, les développeurs se tournent plutôt vers des turbiniers étrangers qui ont des références fortes et de grosses garanties, ce qui est très important pour rendre les projets finançables par les banques.

Dans sa dernière étude en date sur les emplois et l'activité économique des secteurs renouvelables, l'Ademe estime à 3 200 les emplois directs de la filière géothermique française en 2019 pour l'ensemble des différents segments qui la composent, mais à seulement 90 les équivalents temps plein pour la partie géothermie profonde "haute énergie", qui correspond aux technologies décrites dans cette fiche. Le graphique n°1 reprend la répartition des emplois par segment pour l'année 2019 (année la plus récente pour laquelle cette répartition est disponible).

Graphique n° 2

Répartition de l'activité économique de la filière géothermie en 2019 (en M€)

Source : Ademe, 2021.



Côté activité économique, le marché de la géothermie est évalué à 501 millions d'euros en 2019; dont 39 millions sont issus du segment "haute énergie". ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.geothermie-perspectives.fr
- ✓ www.afpg.asso.fr
- ✓ www.brgm.fr
- ✓ www.geothermie-soultz.fr
- ✓ www.geodeep.fr



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **Jean-Jacques Graff**, président de l'AFPG¹

¹. Association française des professionnels de la géothermie.

1 Quelles ont été les leçons des incidents sismiques du site Vendenheim? (voir fiche)

Il était important de comprendre et d'analyser ce qui s'est passé. Un groupe de travail ministériel piloté par la DGPR, direction générale de la prévention des risques, associée au BRGM et à l'Ineris, a été formé. L'objectif était de pouvoir tirer les leçons de ce qui s'est passé à Vendenheim, mais également de voir si au niveau réglementaire, ou dans le processus d'instruction des dossiers, des modifications devaient être apportées. Il y a également eu un groupe de travail européen au sein de l'Egec (association européenne de la géothermie), initié par l'AFPG, car les secousses survenues à Vendenheim ne sont pas un cas isolé. De semblables événements avaient été observés sur des opérations en Allemagne, en Belgique ou en Angleterre. Il y avait donc une légitimité à traiter cette question à un niveau européen. Les résultats vont se matérialiser sous la forme d'un guide de bonnes pratiques qui est en cours de finalisation. Celui-ci ainsi qu'un ensemble de recom-

mandations seront transmis au ministère de la Transition écologique, qui est demandeur de ce type de productions pour aider la filière à se structurer.

2 Malgré l'arrêt du tarif d'achat pour les nouveaux projets, le secteur de la géothermie poursuit son développement...

Il est certain que l'abrogation des tarifs intervenue en 2021 a été un événement majeur pour le secteur. Nous avons cependant pu négocier avec le ministère que les projets déposés jusqu'au 31 décembre 2021 pourraient encore bénéficier de ce tarif d'achat qui avait été validé par Bruxelles. Dans l'arrêté d'abrogation, il y a un volume total de 57 MW de puissance électrique qui a été retenu. Il va désormais y avoir une pause dans le dépôt de nouveaux projets car, sans tarif, rien ne peut se faire. Pour l'avenir, lors des ateliers de préparation de la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie, nous avons proposé de laisser se réaliser ces nouveaux projets pour ensuite en faire des retours d'expérience. Nous proposerons alors un nouveau tarif d'achat de l'électricité qui sera fonction de l'évolution des sites les plus récents et de leurs coûts réels en tenant notamment compte de la production de chaleur résiduelle et de la production de lithium. Notre objectif est de pouvoir descendre à un tarif qui soit aux alentours de 100 euros le MWh.

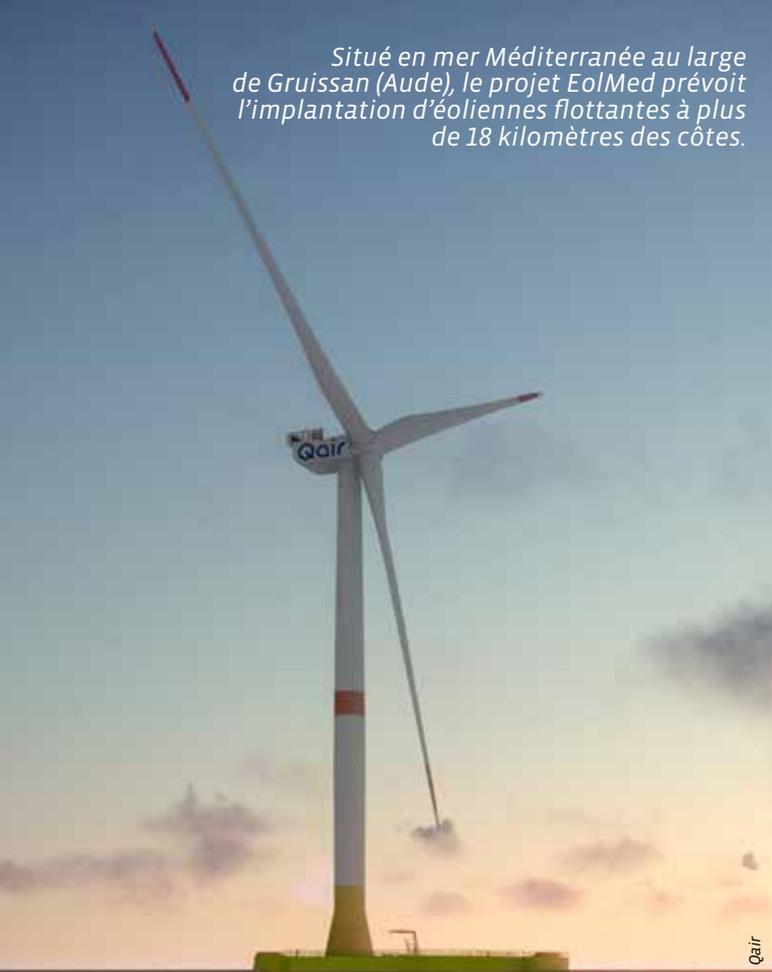
3 Quelles sont les dernières étapes avant la mise en place effective du nouveau code minier?

Nous travaillons actuellement sur les ordonnances au sein d'ateliers avec les services du gouvernement. Ces textes sont attendus



pour avril ou mai 2022 et ils viendront finaliser le nouveau cadre réglementaire. La réforme du code a surtout été faite pour encadrer des projets d'exploitation de mines d'or en Guyane ou de nickel en Nouvelle-Calédonie mais, appliqué à la géothermie, cela donnait parfois des situations un peu maximalistes. Par exemple, les textes du nouveau code, très accés sur la protection environnementale et la biodiversité, obligent à maintenir une surveillance pendant trente ans après la fermeture d'un forage, notamment pour des questions de pollution des sols. Appliqué à la géothermie, cela pose des contraintes qui ne sont pas adaptées. Nous avons cependant pu faire un amendement sur ce point précis. L'art des ordonnances sera donc d'ajuster certains dispositifs précis à la géothermie. Toutefois, la loi Essoc (État au service d'une société de confiance) avait déjà repris une partie des réformes que nous avons demandées pour une meilleure adaptation du nouveau code à la géothermie, mais il y a encore des points de vigilance. Le nouveau cadre introduit plus de concertation avec le public, notamment avec des analyses économiques et sociétales, pour mieux démontrer les points positifs d'un projet géothermie pour un territoire. Cela va dans le bon sens, mais il ne faut pas que l'instruction des dossiers se transforme en usine à gaz. ●

Situé en mer Méditerranée au large de Gruissan (Aude), le projet EolMed prévoit l'implantation d'éoliennes flottantes à plus de 18 kilomètres des côtes.



Dix ans après les premiers appels d'offres, l'éolien en mer français monte en puissance avec l'accélération des chantiers de ses parcs et l'annonce de futurs projets. La filière se structure sur le plan industriel, même si beaucoup d'obstacles se dressent encore sur la route des objectifs fixés à 2030 ou au-delà.

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée fin 2021

263 MW

Production électrique en 2020

482 GWh

Objectif 2023 pour l'éolien posé en mer

2 400 MW

Objectif 2028 pour l'éolien posé en mer ou flottant

5 200 – 6 200 MW

Emplois directs dans la filière en 2020

4 859

Chiffre d'affaires dans la filière en 2020

834

millions d'euros

88

FILIÈRE ÉNERGIES MARINES

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

NEUF PROJETS D'ÉOLIEN EN MER POSÉ

L'éolien en mer posé s'illustre par des machines posées sur le fond marin dans des zones peu profondes, entre 5 et 40 mètres. Cette forme de production d'énergie est bien développée en Europe, où l'on dénombre plus de 4 500 éoliennes au large des côtes d'une dizaine de pays, au premier rang desquels figurent la Grande-Bretagne et l'Allemagne. La France ne dispose actuellement d'aucun parc en activité, mais neuf sites sont à des phases diverses d'avancement. Les six premiers sont issus d'appels d'offres lancés en 2011 et 2013 pour l'implantation de parcs au large de la Bretagne et de la Normandie (voir carte n° 1), le septième parc a été conclu en 2019 pour un site au large de Dunkerque. Les deux plus récents sont le site qui se situera au large du Cotentin (annoncé en décembre 2020) pour une puissance de 1 GW et le projet au large d'Oléron (lancé en janvier 2021), qui développera entre 500 MW et 1 GW.

Pour le projet normand (Cotentin), six candidatures se sont dévoilées en avril 2021, annonçant une rude compétition pour l'attribution finale. Deux entreprises se sont lancées seules : Iberdrola et Shell, la compagnie pétrolière néerlandaise faisant son arrivée dans les appels d'offres hexagonaux. Par ailleurs, quatre consortiums ont été formés : Éoliennes en mer Manche Normandie, une société de projet d'EDF RE et Maple Power (joint-venture d'Enbridge et du fonds de pension canadien CPPIB), Ocean Winds (la coentreprise permanente d'Engie et EDPR), Total associé à RWE et l'alliance constituée par Vattenfall, WPD et la Banque des territoires. Depuis cette date s'est ouverte une procédure de dialogue concurrentiel, période durant laquelle le cahier des charges a été affiné. À partir d'un premier jet déjà prêt, les candidats se

sont vu communiquer les données collectées par l'État sur le gisement en vent, la topographie des fonds marins ou les enjeux environnementaux. Les candidats ont alors déterminé si ces informations de "dérivage" leur suffisaient ou s'ils devaient lancer des études complémentaires pour définir leur zone exacte d'implantation et, surtout, leur offre tarifaire définitive. Cette phase s'est achevée à la fin de l'été 2021 et la prochaine étape sera celle de la désignation du lauréat, prévue pour 2022, en vue d'une mise en service du parc envisagée en 2028. Concernant le projet au large d'Oléron, la Commission nationale du débat public (CNDP) est chargée d'organiser une consultation publique pour définir la zone de ce futur parc, première étape avant de lancer la phase industrielle et d'attribuer le projet. L'appel d'offres devrait être ouvert en 2022 pour une sélection du lauréat avant la fin du quinquennat.

Sur les chantiers les plus avancés, l'accélération de la construction des parcs permet à la filière industrielle française de prendre son essor. Avec la mise en chantier du parc éolien de Saint-Nazaire, en 2019, et de ceux de Fécamp et de Saint-Brieuc, en 2020, le secteur change d'échelle et concrétise plusieurs attentes en termes d'investissements, de chiffre d'affaires et d'emplois pour les entreprises françaises. Ainsi, à Saint-Nazaire, les Chantiers de l'Atlantique, connus pour la construction de navires de croisière, sont désormais numéro 2 mondial dans la construction de sous-stations électriques. Ces équipements seront installés en mer d'ici quelques mois et les éoliennes y seront raccordées afin d'évacuer l'électricité produite. Derrière de gros acteurs comme Siemens Gamesa et General Electric, qui produisent les pâles ou les nacelles, se cachent

Au-delà des sites, leur raccordement représente également des enjeux forts

Avec le début de la construction des deux premiers parcs éoliens en mer à Saint-Nazaire et Saint-Brieuc, Réseau de transport d'électricité (RTE) réalise ses premiers travaux en mer. Ce n'est d'ailleurs qu'un début puisque la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) a inscrit un objectif compris entre 5,2 et 6,2 GW d'éolien marin en 2028. Pour préparer l'avenir, près de 200 salariés du gestionnaire de réseau sont désormais dédiés au département des raccordements en mer, avec une attention particulière pour les projets flottants. RTE a évalué entre 7 et 8 Mds d'euros le coût du raccordement de 10 GW d'énergies marines renouvelables. Une somme importante qui tient notamment compte du fait que les parcs éoliens sont de plus en plus puissants et éloignés des côtes, des éléments qui élèvent de facto les coûts de raccordement. Dans un souci de limitation des dépenses, le gestionnaire de réseau planche déjà sur plusieurs leviers d'optimisation. Le premier consiste à mutualiser les raccordements en mer, contrairement à ce qui se pratique actuellement. Pour chacun des sept premiers parcs éoliens offshore attribués, il est en effet prévu qu'ils soient équipés de leur propre sous-station dédiée. Pas vraiment un optimum économique, sachant que certains sont assez proches les uns des autres. Le deuxième levier concerne le dimensionnement des parcs. RTE aimerait voir l'État attribuer des lots en multiples de 300 MW, la puissance maximum qu'un câble sous-marin puisse transporter. À titre d'exemple, le dernier appel d'offres qui a consacré EDF lui permet de construire 1 000 MW à Dunkerque, ce qui impliquera l'installation de 4 câbles. Mieux aurait valu allouer 900 MW ou 1 200 MW, dans la logique de RTE. Enfin, un dernier levier a trait aux classiques économies d'échelle permises par la standardisation et l'industrialisation de la chaîne de valeur.

environ 200 PME et TPE locales qui commencent à bénéficier de cette nouvelle activité. Toujours à Saint-Nazaire, a été inaugurée en octobre 2021 la base de maintenance du futur parc offshore. Situé sur le port de la Turballe, le site, construit par des entreprises locales, est composé d'un bâtiment bioclimatique de 1 250 m² et de plusieurs pontons destinés à accueillir trois navires de transfert de personnels dédiés à la maintenance du futur parc. Une centaine de techniciens seront recrutés d'ici 2022 pour la surveillance des accès au parc et de la production électrique, ainsi que la maintenance préventive.

L'ÉOLIEN EN MER FLOTTANT: CAP SUR LES PREMIERS PARCS COMMERCIAUX

L'éolien flottant français n'est toujours représenté que par une seule éolienne installée: celle du projet Floatgen, d'Ideol, de 2 MW, raccordée en septembre 2018 sur le site SEM-REV de Centrale Nantes, en Pays de la Loire. Mais, bonne nouvelle, en 2020, elle a produit 14 % d'électricité de plus qu'en 2019, pour atteindre 6,8 GWh, et Ideol prolonge de trois ans l'exploitation de la machine. L'éolien flottant permet de s'affranchir de la contrainte de la profondeur des fonds (au-delà de 50 mètres de fond en général). Les

Carte n° 1

Cartographie des zones de développement de l'éolien offshore en France

Source : Observ'ER.



turbines sont installées sur un flotteur, en béton et/ou acier, ancrées au sous-sol marin. Implantées plus loin des côtes, elles génèrent moins d'impact visuel et bénéficient de vents plus forts et stables. La technologie est intéressante en France car de nombreuses côtes s'enfoncent rapidement dans la mer. Le potentiel technique serait de 155 GW selon l'Ademe, dont 33 GW accessibles en tenant compte des autres usages de la mer. Ainsi, au côté d'Ideol, de nombreux projets de démonstrateurs mais aussi de fermes pilotes, voire commerciales, sont en développement, et la France figure parmi les acteurs majeurs du secteur. Toujours sur le site SEM-REV, l'entreprise brestoise Eolink, lauréate d'un appel à projets de l'Ademe dans le cadre d'un programme d'investissement d'avenir (PIA), devrait installer en 2022, pour au moins trois ans, une turbine de 5 MW.

Les quatre fermes pilotes lauréates d'un appel à projets lancé par l'Ademe en 2016 dans le cadre également d'un PIA – le projet de Groix-Belle-Île (28,5 MW) en Bretagne Sud, les projets EolMed et Éoliennes flottantes du golfe du Lion (EFGL) en Occitanie (30 MW chacun) et celui de Provence grand large (Sud PACA) de 24 MW – sont également en cours de développement. Les premiers parcs commenceront probablement à voir le jour en 2023. Les deux projets en Occitanie sont les plus avancés. En PACA, en revanche, l'autorisation environnementale est contestée par l'association Nature et citoyenneté Crau Camargue Alpilles. La procédure judiciaire est toujours en cours. La décision était espérée avant la fin 2021. En attendant, le projet se poursuit sur les volets non concernés par la procédure. En Bretagne, Naval Group a annoncé en février vouloir se séparer de sa filiale Naval Énergies, qui fabrique notamment des

systèmes de flottaison semi-submersibles et était partenaire du projet. Un accord de cession de ses activités dans l'éolien flottant au groupe italien Saipem a été signé au printemps.

Ces fermes pilotes devraient être suivies de près par des parcs commerciaux. Ces sites permettront notamment de tester différentes technologies de fondations flottantes. Outre les aides du PIA, ils seront soutenus par un tarif d'achat préférentiel de l'énergie produite. La PPE prévoit trois appels d'offres pour trois parcs d'au moins 250 MW chacun, l'un en Bretagne Sud, qui sera attribué début 2022, et deux en Occitanie et PACA, attribués courant 2022, puis pour un ensemble de 1000 MW éolien posé ou flottant après 2024. Les zones d'implantation des deux parcs en méditerranée n'étant pas encore définies, ces zones ne sont pas reprises sur la carte n°1.

En Bretagne Sud, le débat public s'est achevé en décembre 2020 sur la création de deux parcs : l'un de 250 MW minimum, l'autre pouvant aller jusqu'à 500 MW. Leur raccordement sera mutualisé. En septembre 2021, le ministère de la Transition écologique a annoncé le lancement de la procédure de dialogue concurrentiel pour le premier projet de 250 MW et la liste des 10 candidats autorisés à y participer. La désignation du lauréat est prévue en 2022 pour une mise en service en 2029. En Méditerranée, le débat public s'est achevé en octobre 2021 sur la création de deux parcs. Les trois champs de 250 MW pourront être étendus à plus de 750 MW chacun à condition d'atteindre un tarif de l'ordre de 150 €/ MWh pour les premiers projets mis en service à l'horizon 2028 et une convergence du tarif avec l'éolien posé à moyen terme.

L'hydrolien fluvial tente de rebondir

Si l'hydrolien en mer est actuellement le plus développé, il est aussi possible d'utiliser l'énergie des courants de fleuves. HydroQuest avait investi le domaine. Après avoir testé durant quatre ans un démonstrateur de 40 kW près d'Orléans (retiré des eaux en juin 2018), il a installé quatre hydroliennes fluviales dans le Rhône près de Lyon (320 kW), mais a cependant abandonné ses projets en aval du barrage de Génissiat (Ain) en raison de contraintes fortes sur le site.

En revanche, la start-up brestoise Guinard Énergies Nouvelles, rachetée par le groupe varois Acti, a annoncé début novembre préparer l'installation d'une hydrolienne P66 (3,5 kW, pour milieu fluvial et marin) sur la Marne pour cet hiver, qui sera mise en service au premier semestre 2022. Une P154 (20 kW pour un milieu marin et estuarien) est testée avec le chantier Bretagne Sud, qui appartient également à Acti, dans le cadre du projet Erseo, sur la rivière d'Étel, où elle doit être réinstallée prochainement.

EEL Energy (Boulogne-sur-Mer) a quant à elle installé deux petites hydroliennes tests dans le canal d'Aquanord, dans les Hauts-de-France, au printemps. Une autre sera installée sur le site d'essai Seeneoh dans le cadre du projet programme Blue-Gift, avec celle de la société néerlandaise Hydrokinetic Power Generation Systems (HPGS).

L'HYDROLIEN : LA FILIÈRE REPART

L'hydrolien exploite l'énergie des courants et peut être installé en mer, dans une rivière ou un fleuve. La France dispose des courants marins parmi les plus forts au monde. La ressource est estimée à 3,5 GW de puissance installée, principalement dans le raz Blanchard et le raz de Barfleur, en Normandie, le passage du Fromveur, la chaussée de Sein et les Héaux de Bréhat, en Bretagne. Trois démonstrateurs préindustriels différents d'hydroliennes marines ont été immergés, à Ouessant dans le Fromveur (octobre 2018, Sabella D10, 1 MW), à Étel (février 2019, hydrolienne Guinard Énergies, 20 kW) et à Paimpol-Bréhat (avril 2019, démonstrateur OceanQuest d'HydroQuest sur le site d'essais opéré par EDF, 1 MW). Toutes ces machines, conçues et réalisées en France, ont été connectées au réseau électrique. Le démonstrateur Sabella (cf. 3 questions

à) sera, a priori à l'été 2023, remplacé, dans le cadre du projet Phares mené avec Akuo Energy, par deux hydroliennes D12 de 500 kW chacune, destinées à alimenter Ouessant en complément d'autres énergies renouvelables. Une enquête publique s'est tenue du 29 mars 2021 au 30 avril 2021. Sabella, associée à la société Morbihan Hydro Énergies, détenue à 51% par Sabella, porte également un projet expérimental d'immersion pendant trois ans de deux hydroliennes de 0,25 MW dans le golfe du Morbihan, dans le courant de la Jument, d'ici fin 2022. En parallèle, Sabella a repris en janvier 2021 les brevets et actifs des activités hydroliennes de GE Renewable Energy, qui au terme de cet accord est entré au capital de la société quimpéroise à hauteur de 15%. Puis, en juin de la même année, l'entreprise bretonne a signé avec Nova Innovation un accord de collaboration visant à

accélérer le développement de sites hydroliens pour les deux entreprises, en France et au Royaume-Uni.

Le démonstrateur OceanQuest d'HydroQuest construit par CMN, a, quant à lui, été sorti des eaux du site d'essais de Paimpol-Bréhat en octobre 2021. Programmés initialement pour une durée d'un an, les essais avaient été prolongés de douze mois, la deuxième année de tests ayant été financée dans le cadre du projet européen Tiger (2019-2023). Un prototype du suédois Minesto, baptisé Deep Green, prendra sa place en 2022, également dans le cadre du projet Tiger. Pour ce qui est des fermes pilotes, beaucoup des projets initiaux menés par des grands groupes ont été abandonnés dans le raz Blanchard et à Paimpol-Bréhat. Mais de nouveaux projets se montent. En Normandie, la région a créé la joint-venture Normandie Hydroliennes avec Simec Atlantis Energy afin de pouvoir disposer des concessions d'Engie précédemment attribuées dans le raz Blanchard. Quatre hydroliennes de 3 MW devraient être immergées au large de La Hague.

Par ailleurs, le démonstrateur HydroQuest testé à Paimpol-Bréhat a permis à l'entreprise de concevoir une nouvelle génération d'hydroliennes qui devrait équiper le projet Flowatt. Cette ferme pilote de 7 machines de 2,5 MW est développée avec Qair, producteur indépendant d'énergie exclusivement renouvelable, au raz Blanchard, grâce à la reprise des permis d'EDF. La mise en service de Flowatt est prévue pour 2025, sous réserve du soutien du programme d'investissement d'avenir, un programme intégré au plan France relance et mis en place par l'État pour financer des investissements innovants et prometteurs.

HOULOMOTEUR, DE NOUVEAUX PROJETS ARRIVENT

Les technologies houlomotrices, qui exploitent l'énergie des vagues, font encore face à de nombreux verrous. En France, plusieurs projets ont été stoppés, mais la filière teste à nouveau différentes technologies prometteuses. La start-up girondine Hydro Air Concept Énergie (Hace) a mis à l'eau une machine pilote de 50 kW en août 2018, dans le port de La Rochelle, qui produit de l'électricité avec des vagues de faible amplitude. Reconnu par une dizaine de prix internationaux, le projet Hace est cependant aujourd'hui au point mort. La start-up a organisé une levée de fonds pour fabriquer un démonstrateur préindustriel, mais elle ne parvient pas à boucler son budget. Après plus de deux ans d'essais sur le site du SEM-REV de l'école Centrale de Nantes, la plateforme houlomotrice Wavegem (120 kW houlomoteurs et 30 kW photovoltaïques) conçue par l'entreprise ligérienne Geps Techno a, elle, été déconnectée. En complément de cette expérience, Geps Techno s'est associée avec le groupe Legendre et l'Ifremer pour élaborer un prototype de digue utilisant les vagues pour produire de l'énergie, baptisé Dikwe. Fin 2021, la structure a été installée sur la station d'essais de Sainte-Anne-du-Portzic située en bordure du goulet de Brest, au pied de l'Ifremer. Un premier ouvrage à taille réelle est prévu à l'horizon 2024. Toujours en Bretagne, la société irlandaise Seabased envisage d'installer une ferme houlomotrice de 10 MW en baie d'Audierne, avec une première phase de 2 MW (20 machines de 100 kW). SBM Offshore a par ailleurs reçu les autorisations nécessaires pour installer, dans les eaux de Monaco, son prototype WEC S3, développé en partenariat technique avec Centrale Nantes et

Carte n° 2

Cartographie des sites énergies marines renouvelables en métropole

Source : Observ'ER, 2021.



- Énergie marémotrice
- Énergie des courants en mer
- Énergie des vagues
- Éolien offshore flottant
- Énergie des courants fluviaux

- En service / en test
- Projet de prototype / démonstrateur / centrale pilote
- Projet de plateforme nationale technologique et ses sites d'essai
- Parc appel d'offres Ademe

Observ'ER
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 3

Cartographie des sites énergies marines renouvelables dans les Outre-Mer

Source : Observ'ER, 2021.



Énergie thermique des mers



En service / en test

L'IFP Énergies nouvelles, avec le soutien du gouvernement de Monaco et de l'Ademe via le PIA. Enfin, la région Nouvelle-Aquitaine et la communauté d'agglomération Pays Basque ont décidé de lancer une étude de faisabilité pour l'accueil d'une ferme houlomotrice.

MARÉMOTEUR, ETM ET OSMOTIQUE : UN PEU DE PATIENCE

Autre technologie, le marémoteur, qui utilise l'énergie des marées. La France a été pionnière en la matière en réalisant en 1966 l'un des seuls ouvrages de ce type au monde : le barrage de la Rance, de 240 MW (500 GWh/an en moyenne). Mais le développement de cette technologie n'est pas envisagé actuellement, notamment au regard des enjeux environnementaux importants présentés sur de nouveaux sites.

Concernant l'énergie thermique des mers, le gisement potentiel est principalement localisé dans les départements d'outre-mer où les gradients de températures entre les eaux de surface chaudes et les eaux

froides profondes sont importants (20 °C au moins). Les technologies en sont encore au stade de la conception et de l'innovation. L'acteur principal sur ce secteur était Naval Énergies, dont le prototype de 15 kW (PAT ETM) est testé sur l'île de La Réunion depuis 2012. En février 2021, Naval group a cependant annoncé chercher à céder sa branche énergies. La reprise par Saipem ne concerne que l'éolien flottant. Il est pour l'instant difficile de dire ce qu'il va advenir des projets d'ETM.

L'énergie osmotique, enfin, exploite la différence de salinité entre des eaux marines et des eaux douces. Les estuaires représentent des sites idéaux. Les premières expérimentations effectuées à l'international ayant révélé la fragilité et la faiblesse de rendement des membranes organiques utilisées, des recherches sont menées pour améliorer leur résistance et leur performance. En France, la start-up rennaise Sweetch Energy a annoncé en avril 2021 avoir obtenu un financement de 5,2 millions d'euros pour lancer sa phase d'industrialisation et développer un premier prototype industriel.

PRÈS DE 1,5 MILLIARD D'INVESTISSEMENT EN 2020

En novembre 2020, l'Union européenne s'est dotée d'une stratégie ambitieuse sur les énergies renouvelables en mer. Celle-ci propose de porter la capacité de production éolienne offshore à au moins 60 GW en 2030 et à 300 GW d'ici à 2050, et de développer les énergies océaniques avec 100 MW en service en 2025, puis 1 GW en 2030 avant de viser les 40 GW en 2050. Cette ambition, qui se superpose à celle affichée par la PPE 2020, dynamise la filière française avec une majorité de la valeur et des emplois issus des projets français ancrés sur le territoire.

Tableau n° 1

Activité économique de la filière énergies marines française

Source : rapport 2021 de l'Observatoire des énergies de la mer.

	Structures de formation et de R&D	Développeurs et exploitants	Entreprises prestataires ou fournisseurs de la chaîne de valeur	Institutionnels	Total
Emplois en ETP	233	576	3 992	58	4 859
Chiffres d'affaires 2020 en k€	11 660	8 955	806 474	6 448	833 537
Investissements en 2020 en k€	4 314	1 228 052	153 481	71 523	1 457 370

Ainsi, en 2020, les investissements réalisés en France dans le secteur des énergies marines ont atteint un montant de 833 millions d'euros (+ 173 % par rapport à 2019). Dans cet ensemble, les activités de fabrication et d'assemblage (+ 280 millions d'euros) et les opérations en mer (+ 130 millions d'euros) sont les plus dynamiques. Au niveau des territoires, une région sort du lot : les Pays de la Loire, qui concentre 53 % du chiffre d'affaires des prestataires et fournisseurs établis en France. Quant aux emplois, en 2019 le secteur avait dépassé la barre des 3 000 emplois en équivalent temps plein (ETP). Un an plus tard, 4 859 emplois sont comptabilisés par l'Observatoire des énergies de la mer, soit une hausse de 59 %. L'évolution la plus notable concerne les emplois dans les entreprises prestataires et les fournisseurs de la chaîne de valeur, qui bondissent de 79 % pour atteindre près de 4 000 ETP. Les emplois se concentrent dans les Pays de la Loire (33 % de l'ensemble), en Normandie (22 %) et en Île-de-France (18 %). ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ Baromètre EurObserv'ER énergies marines
- ✓ www.cluster-maritime.fr
- ✓ www.france-energies-marines.org
- ✓ www.merenergies.fr
- ✓ www.polemermediterranee.com
- ✓ www.pole-mer-bretagne-atlantique.com
- ✓ www.eoliennesenmer.fr



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Franch
Le Bris**,
directeur général
de Sabella

1 L'hydrolienne D10 est l'un des trois seuls démonstrateurs connectés au réseau. Que vous ont appris ces tests ?

Depuis son immersion fin 2018, la D10 nous a permis de tester deux versions de notre système de conversion électrique embarqué et d'en valider le principe. Nous sommes le seul turbinier à avoir fait ce choix. Nos concurrents traitent la conversion, c'est-à-dire la mise à la bonne fréquence et à la bonne tension de l'énergie produite, à terre. L'électronique de puissance, qui est l'élément le plus fragile de la turbine, est ainsi moins exposée qu'en mer, mais ceci impose que chaque hydrolienne soit reliée par son propre câble à la terre. Nous, nous pouvons en avoir un seul pour un ensemble de turbines. La D10 est hors de l'eau depuis la fin de l'été 2020, car nous avons eu un problème d'étanchéité du système de connectique. Nous l'avons entièrement revu. Nous venons d'obtenir toutes les autorisations administratives pour la remise à l'eau qui se fera après l'hiver 2021.

2 Quel est l'intérêt pour vous d'avoir racheté les actifs de GE en début d'année ?

Notre système de turbine est simple et robuste, alors que les systèmes de nos concurrents comme GE sont plus sophistiqués. Notre idée est d'utiliser les technologies brevetées que détenaient GE pour upgrader petit à petit les hydroliennes Sabella et réduire les coûts d'exploitation. C'est tout l'enjeu de la filière. Concrètement, pour schématiser, nous allons séparer physiquement le générateur et le système de conversion, qui sont actuellement dans la même boîte. Cela va nous permettre de ne plus être obligés, pour la maintenance, d'avoir recours à des navires issus du secteur pétrolier et gazier, équipés de systèmes de manutention lourde et de positionnement dynamique, que nous sommes obligés de faire venir d'Europe du Nord et qui coûtent 45 000 euros/jour. Nous pourrions, à terme, utiliser de simples bateaux de pêcheurs, qui pourront trouver ici un revenu complémentaire, ou des remorqueurs qui coûtent 4 000 à 5 000 euros/jour. Les deux machines que nous allons mettre à l'eau dans le Morbihan puis les deux hydroliennes D12 du projet Phares devraient bénéficier des premières évolutions.

3 Plusieurs projets de parcs commerciaux ont été abandonnés ces dernières années. D'autres naissent actuellement en remplacement. Pourquoi ceux-là ont-ils plus de chances de réussir que les premiers ?

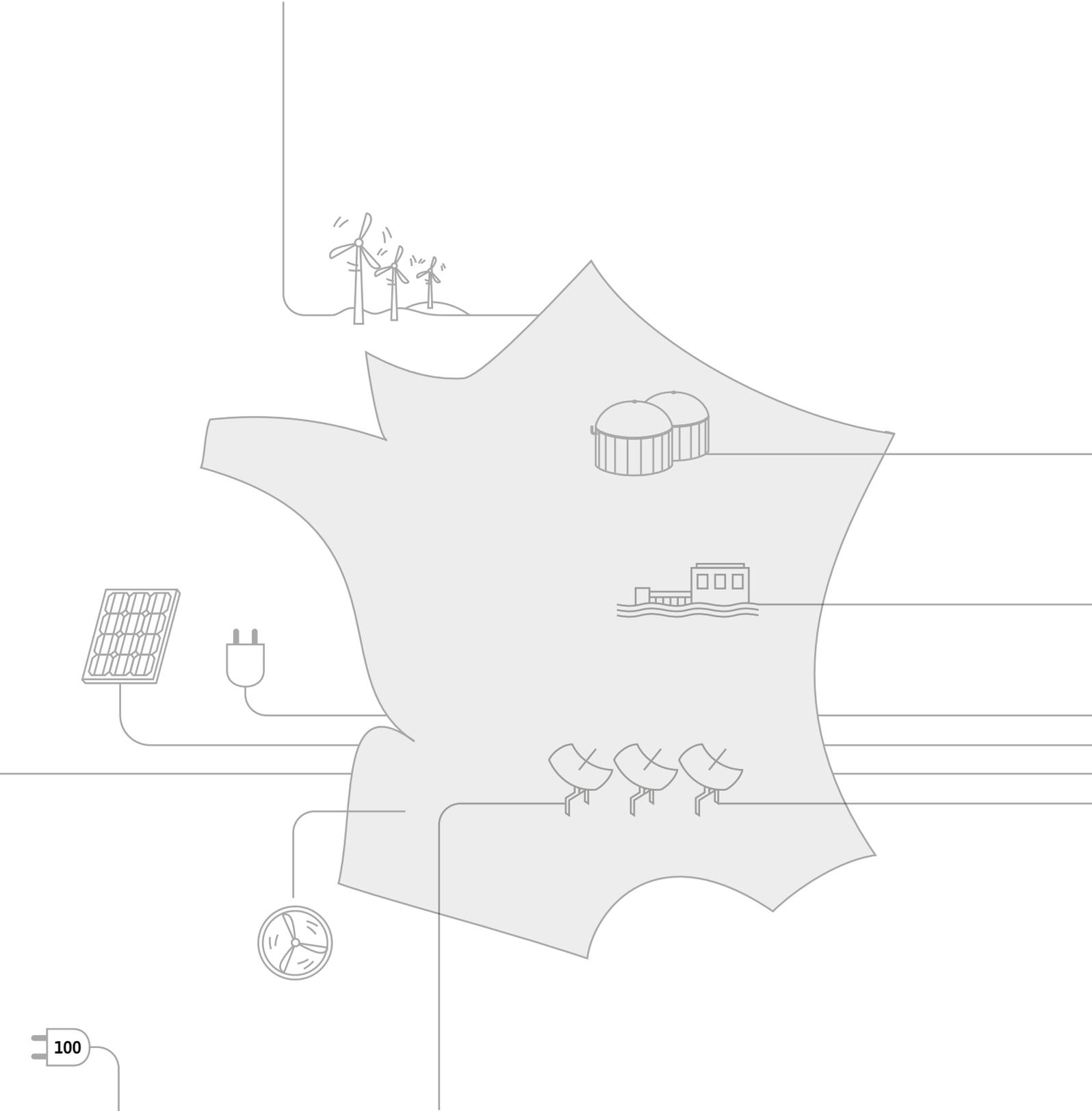
Les premiers projets étaient portés par des grands groupes qui ont investi énormément et attendaient des retours rapides qu'ils n'ont pas eus. Le développement d'une telle technologie

ÉNERGIES MARINES

s'inscrit en effet dans un temps long. Les petites entreprises qui, comme nous, ont une approche plus frugale sont plus résilientes. En outre, le contexte est différent. Il y a eu ces derniers temps trois actes fondateurs pour la filière. D'abord le green deal européen et ses objectifs de décarbonation; ensuite la définition de la stratégie européenne pour les énergies marines qui affiche des objectifs très ambitieux pour les technologies non encore matures comme l'hydrolien; et, enfin, le plan hydrogène qui présente un fort intérêt pour toutes les EMR pour le transport et le stockage de l'énergie produite. Ces avancées se ressentent en France dans la préparation de la prochaine PPE. Tout converge actuellement et les trois prochaines années vont être cruciales. C'est maintenant qu'il faut être présent. C'est pourquoi nous nous sommes associés avec Nova. Pendant quelques années encore, les turbiniers vont être également développeurs. Grâce à ce partenariat, nous multiplions notre force de frappe. Nous allons développer les parcs ensemble et les équiper de nos deux technologies, avec l'idée éventuellement d'avoir plus tard une plateforme produits commune. ●

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



SYNTHÈSE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **Pascal Sokoloff**,
directeur général
de la FNCCR

1 Quel bilan la FNCCR tire-t-elle de l'année 2021 en matière d'énergies renouvelables électriques ?

L'année 2021 a été marquée par une reprise de l'activité pour l'ensemble de la filière des énergies renouvelables électriques, suite à une année 2020 bloquée par la crise sanitaire. Nous avons contribué à la mise à jour des dispositifs de soutien d'État dont nous espérons observer, dès 2022, des effets tangibles. L'année 2021 a vu également la parution des nouveaux appels d'offres de la CRE dits PPE2. Plusieurs modifications d'ordre transversal ont été intégrées dans ces appels d'offres (garanties financières, prix minimum et prix négatifs, clause de compétitivité, raccordement...). Une modification majeure a été apportée pour les bonifications des projets participatifs et citoyens avec le basculement d'un dispositif de bonification fixe en euros par MWh vers un système de bonification de la note du candidat. Autre actualité de l'année 2021, la publication de l'arrêté tarifaire photovoltaïque du 6 octobre 2020 pour les projets d'une puissance inférieure à 500 kWc

qui était attendue depuis la fin de l'année 2020. Cet arrêté tarifaire marque un changement de logique important pour la filière photovoltaïque en garantissant un tarif d'achat automatique et réglementé pour ces structures de moins de 500 kWc et devrait permettre l'accélération du développement de cette énergie renouvelable. Néanmoins, la FNCCR s'est alarmée de l'interdiction du cumul du tarif d'achat garanti par l'État et des aides apportées par les collectivités. Le gouvernement compromet ainsi plusieurs centaines de projets portés ou soutenus par les collectivités dans les régions moins ensoleillées ou celles ayant des coûts de main-d'œuvre ou de foncier plus élevés. Nous jugerons de l'impact de ces évolutions réglementaires à la fin de l'année 2022.

2021 a également été l'occasion de la publication par le gouvernement des premiers résultats du suivi de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables, qui a engagé la France à produire 23% d'EnR dans la consommation finale d'énergie en 2020. Les premiers résultats se révèlent en deçà des objectifs, avec 19,1% atteints en 2020. Cela rappelle que des efforts supplémentaires doivent être entrepris. Les scénarios produits par RTE, l'Ademe ou encore Négawatt sur le mix électrique à 2050 confirment que les énergies renouvelables, notamment électriques, seront un pilier essentiel pour la production électrique française dans les prochaines années. Les territoires continueront d'être au rendez-vous et j'en veux pour preuve le nombre croissant de collectivités qui adhèrent à la FNCCR pour cette raison.

2 La dynamique des opérations en autoconsommation, voire des communautés énergétiques, est en plein essor. De quelle façon la FNCCR accompagne-t-elle ces projets ?

Il est important de rappeler que les collectivités et leurs groupements sont des acteurs essentiels dans le développement de projets d'énergie renouvelable de territoire. De par leur nature et leur rôle dans la mise en œuvre opérationnelle des objectifs gouvernementaux, elles constituent une charnière stratégique d'intervention pour le foisonnement et la concrétisation des projets. En quelques années, les collectivités locales – et singulièrement les autorités organisatrices de la distribution d'énergie – regroupées au sein de la FNCCR ont pris la mesure de leur responsabilité dans la transition énergétique.

Les trois dernières années ont vu l'émergence de nouveaux modèles de production et de consommation. La crise actuelle des marchés énergétiques amplifie ce besoin de nouveaux modèles, notamment pour couvrir une partie des consommations par des achats et des outils de production plus directs et locaux.

La FNCCR accompagne ses adhérents dans la mise en place de ces nouveaux modèles et outils de développement (accompagnement des SEM locales dédiées à la production d'énergie renouvelable, autoconsommation collective et/ou individuelle, production d'hydrogène vert et mobilité décarbonée...) sur les aspects techniques, juridiques, réglementaires et économiques, à l'appui de travaux collectifs en commission et groupes de travail pour mettre en avant les innovations, rédiger des publications dédiées, mettre à disposition des formations et prodiguer des conseils person-

nalisés. Un axe important de nos travaux consiste à représenter les collectivités au niveau national pour faciliter la création d'un cadre favorable à leurs actions.

3 L'acceptabilité locale de nouveaux projets dans certaines filières comme l'éolien est parfois difficile. Dans ces cas, la FNCCR joue-t-elle un rôle de facilitateur ?

L'acceptation locale des projets est une des clés de réussite de la transition. La notion d'acceptabilité reste très complexe à appréhender tant les facteurs peuvent varier d'un territoire à l'autre. Elle rassemble des considérations personnelles, la compréhension des enjeux et des technologies ou la perception de différents risques. La palette d'action des collectivités et les outils d'intervention pour faciliter et accompagner le développement des projets d'énergie renouvelable ont largement évolué ces dernières années. Elles agissent ainsi notamment dans l'objectif de :

- faciliter l'émergence des projets au travers de leurs compétences, de leur lien avec les territoires et les citoyens ;*
- développer ou accompagner des projets en étant maître d'ouvrage ou en mettant à disposition des débouchés, du foncier ou des gisements ;*
- participer aux financements des projets en investissant dans des sociétés de projets et mettre en place des outils permettant la participation des acteurs locaux ;*
- développer des entreprises publiques locales (EPL), au premier rang desquelles des sociétés d'économie mixte qui agiront comme un bras armé des collectivités ;*

SYNTHÈSE

- *communiquer et informer les acteurs du territoire sur les intérêts et les potentiels des projets en cours.*

Derrière ces modalités d'intervention, l'objectif pour les collectivités est de développer directement ou de permettre le développement de projets d'énergie renouvelable en lien avec l'histoire du territoire et de s'intégrer dans les dynamiques d'actions locales. À ce titre, la FNCCR joue un rôle de facilitateur pour consolider les retours d'expérience et transmettre les bonnes pratiques. ●

TABLEAU DE BORD DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Capacité EnR électrique installée au 30 septembre 2021

 **60459 MW**

Production électrique EnR*

 **121 849 GWh**

Taux de couverture au 3^e trimestre 2021 sur une année glissante

 **26 %**

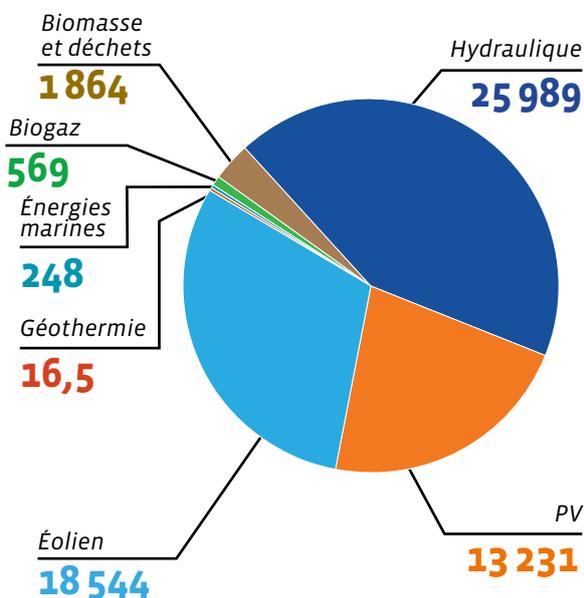
Emplois

 **49 129**

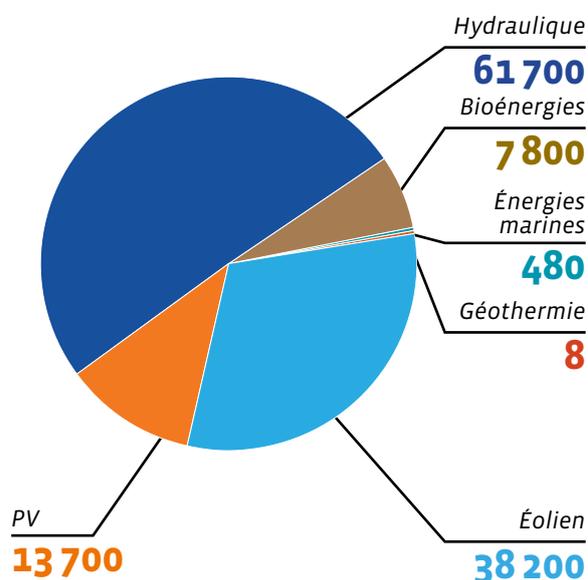
Chiffre d'affaires
M € 17 846

PUISSANCES ET PRODUCTIONS

Répartition du parc EnR électrique (MW) au 30 septembre 2021



Production électrique des filières EnR (GWh)*



EMPLOIS ET MARCHÉS 2021

	 Éolien	 PV	 Hydro-électricité	 Biomasse solide**	 Biogaz**	 Déchets**	 Énergies marines
Emplois	12 600	8 000	12 240	6 800	4 000	630	4 859
Chiffre d'affaires	5 702	4 950	3 242	1 761	1 177	180	834

* Production au 30 septembre 2021 sur les douze mois précédents.

** Chiffres pour toutes valorisations confondues (électricité et chaleur).

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LE MIX ÉLECTRIQUE FRANÇAIS EN 2020

En 2020, la production nette d'électricité en France a été de 510 TWh, un chiffre en baisse de 6,8% par rapport à l'année précédente. Cette diminution s'explique en grande partie par le recul de la production nucléaire qui se situe à son niveau le plus bas depuis 1993 (- 11,6%, à 335 TWh). Ce recul est lié à une moindre disponibilité des centrales, en raison de retards de maintenance dus à la crise sanitaire, ainsi que, dans une moindre mesure, à la fermeture définitive de la centrale nucléaire de Fessenheim le 29 juin 2020. La production thermique classique, à 53 TWh, diminue également, de 9,1%, dans un contexte de moindre demande électrique liée à la crise sanitaire. En revanche,

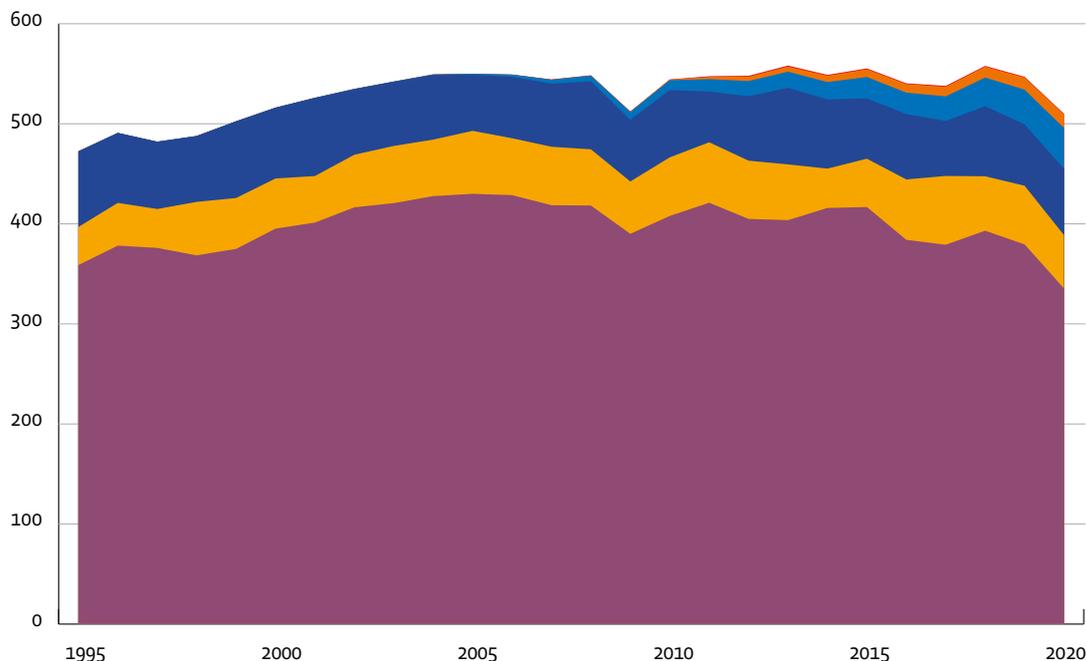
la production d'électricité renouvelable a progressé de 11,5%. En raison de conditions climatiques favorables pour l'hydroélectricité et d'une croissance continue du parc de centrales éoliennes et photovoltaïques. Concernant les filières thermiques, la production totale a été de 53,3 TWh en 2020, un chiffre également en diminution par rapport à 2019 (- 9,1%). Ce recul est apparu dans un contexte de moindre besoin d'électricité des secteurs industriel et tertiaire du fait de la crise sanitaire. Le gaz fossile reste la principale technologie de ce bouquet de filières devant les filières renouvelables. La production d'électricité à partir de charbon et de produits pétroliers est en déclin continu depuis plusieurs décennies.



Graphique n° 1

Évolution de la production nette d'électricité en France en TWh

Source: "Bilan énergétique de la France", Sdes.



■ Nucléaire ■ Thermique classique 1 ■ Hydraulique 2
 ■ Éolien ■ Photovoltaïque ■ Autres sources

1. Thermique à combustibles fossiles (charbon, fioul, gaz fossile), biomasse ou déchets.

2. Y compris énergie marémotrice.

Champ: jusqu'à l'année 2010 incluse, le périmètre géographique est la France métropolitaine.

À partir de 2011, il inclut en outre les cinq Drom.

Observ'ER

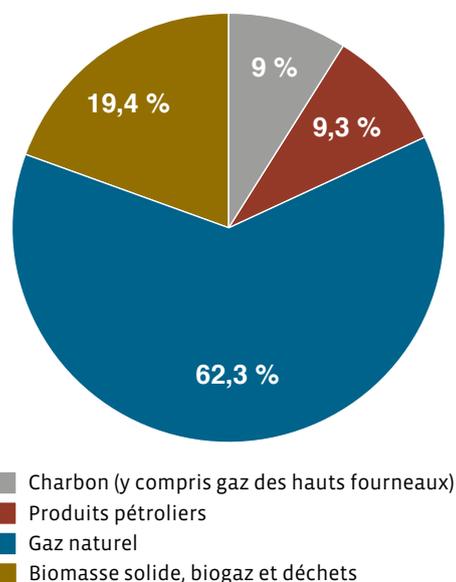
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Pour 2020, les chiffres français font état d'une part de 24,8% d'électricité renouvelable dans la consommation annuelle. Bien qu'en constante augmentation depuis 2004, cette part a été pratiquement toujours en retard sur les objectifs nationaux du plan d'action énergie renouvelable sur lequel le pays s'était engagé vis-à-vis de la Commission européenne. À échéance de ce plan (à fin 2020), l'écart est de 2,2 points de pourcentage avec les 27% qui devaient être atteints. De plus, les résultats de 2020 ont été artificiellement améliorés de par le ralentissement économique lors des périodes de confinement. En effet, si les énergies renouvelables électriques thermiques (biomasse solide, biogaz et déchets) ont moins produit en 2020, cela n'a pas été le cas de l'éolien ou du photovoltaïque, qui ont progressé en moyenne de 10%. Dans un contexte plus normal, la part de l'électricité renouvelable se serait sans doute située entre 23,5 et 24%.

Graphique n° 2

Décomposition de la production 2020 d'électricité des filières thermiques par source

Source: "Bilan énergétique de la France", Sdes.

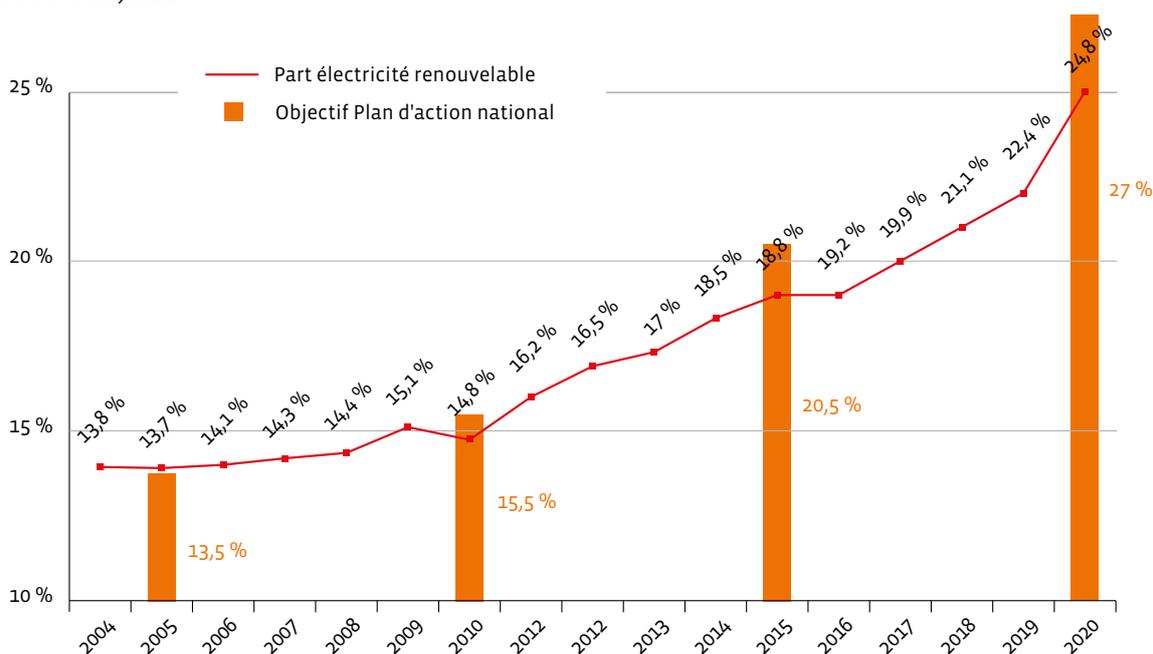


Champ : France entière (y compris Drom).

Graphique n° 3

Évolution de la part renouvelable électrique dans la consommation française

Source : Sdes, 2021.



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

QUELS COÛTS DE PRODUCTION POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES ?

Les filières de production d'énergie renouvelable, encore émergentes au début des années 2000, voient leurs coûts de production évoluer rapidement, notamment sous l'effet des progrès technologiques et des économies d'échelle liées aux volumes croissants installés. En France, les filières les plus matures deviennent compétitives avec les technologies conventionnelles.

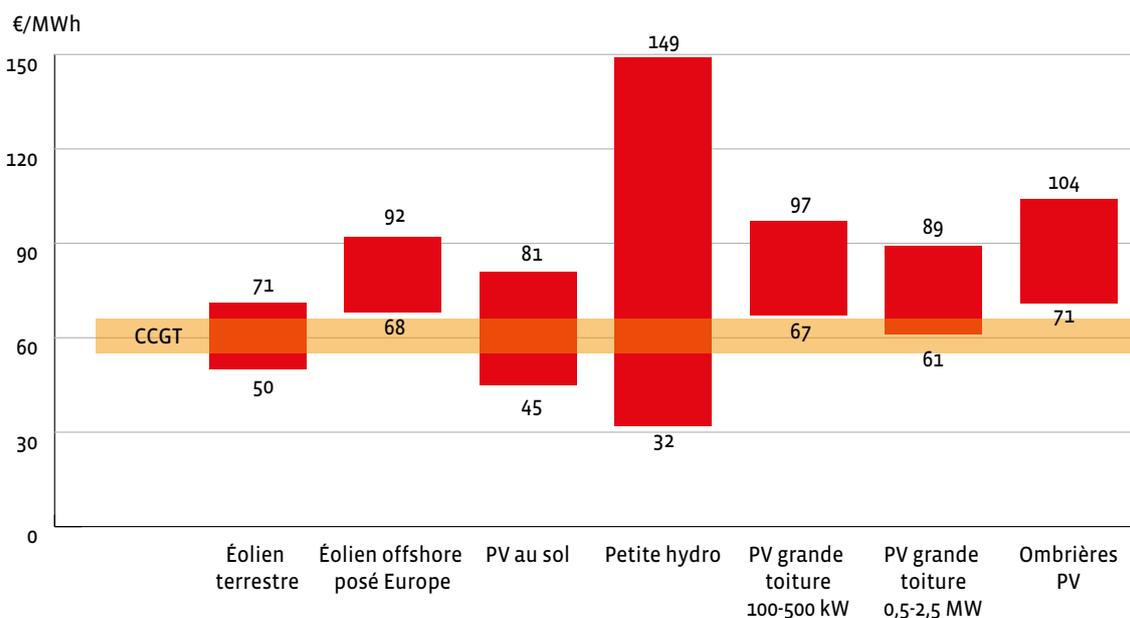
L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) a réalisé un premier suivi des coûts des énergies renouvelables en 2016. Ce travail a été mis à jour et complété en 2020 avec une nouvelle publication dont sont tirés les chiffres de ce chapitre. Les chiffres présentés sont des évaluations des plages de

variation de la valeur du coût moyen complet de production d'un mégawattheure (LCOE). La méthode du LCOE a l'intérêt de permettre une évaluation des coûts complets de production d'une source d'énergie en y incluant les coûts d'investissement et d'exploitation sur toute sa durée de vie. En revanche, cette méthode n'intègre pas les impacts indirects du développement des EnR sur les systèmes énergétiques, qu'ils soient positifs (pollution évitée ou retombées économiques) ou négatifs (par exemple un besoin accru de flexibilité pour le système électrique). L'étude présente les coûts complets des principales technologies électriques renouvelables (éolien terrestre, photovoltaïque ou hydroélectricité) aujourd'hui développées à grande échelle en France. Ils sont comparés à ceux d'une centrale à cycle combiné au gaz (CCGT). Le travail a été fait sur trois horizons de temps : 2019, qui cor-

Graphique n° 1

LCOE des filières renouvelables électriques en 2019 et comparaison avec une centrale à gaz

Source : étude "Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation est un facteur central du calcul du coût complet. Il rend compte de la rémunération du capital engagé dans les investissements de nouveaux sites et, plus il est élevé, plus il renchérit le LCOE calculé. Dans l'étude de l'Ademe, le taux d'actualisation est pris égal au "coût moyen pondéré du capital", qui est défini comme la somme des rémunérations des capitaux empruntés et des capitaux propres. Pour chaque filière considérée dans l'étude, le taux d'actualisation choisi dépend de sa diffusion et de sa maturité technologique. Pour les filières les plus courantes (exemple : grandes centrales photovoltaïques au sol), le taux d'actualisation utilisé a été de 3%. Pour l'éolien terrestre, la prise en compte de l'acceptabilité sociale des sites a conduit à utiliser un taux de 4%. Pour les filières les moins matures, celles qui comportent les risques technologiques les plus importants, l'étude a attribué les taux d'actualisation les plus élevés (exemples : éolien en mer posé : 5%, éolien en mer flottant : 5%).

respond aux coûts moyens des installations mises en service sur la période 2018-2020; et deux projections faites à 2030 et 2050, qui intègrent des technologies encore peu matures en France, comme l'éolien en mer (posé ou flottant).

Les chiffres de 2019 montrent qu'en France, trois technologies sont à des niveaux de coût tout à fait compétitives face à une solution gaz¹ : l'éolien terrestre, les grandes centrales photovoltaïques au sol et la petite hydroélectricité. Pour cette dernière technologie, l'amplitude des coûts est importante car elle correspond aux différents types de centrales (la puissance installée, la hauteur de chute ou l'hydrologie des sites). Le coût le plus bas est représenté par les centrales comprises entre 1 et 10 MW et dont les turbines sont renouvelées. Si l'éolien en mer posé n'est pas encore une réalité en France, en tout cas du point de vue de l'exploitation, on peut estimer les futurs parcs avec des coûts de production proches de ceux du tarif d'achat de l'appel

1. Ces résultats ne tiennent pas compte de l'augmentation du prix du gaz au cours des 18 derniers mois.

d'offres de Dunkerque, soit 44 €/MWh. Les autres parcs en projet datent de plusieurs années et s'appuient sur des technologies aujourd'hui loin d'être les plus efficaces, et leur tarif avoisinant les 130 €/MWh ne sont pas représentatifs de la filière en 2020.

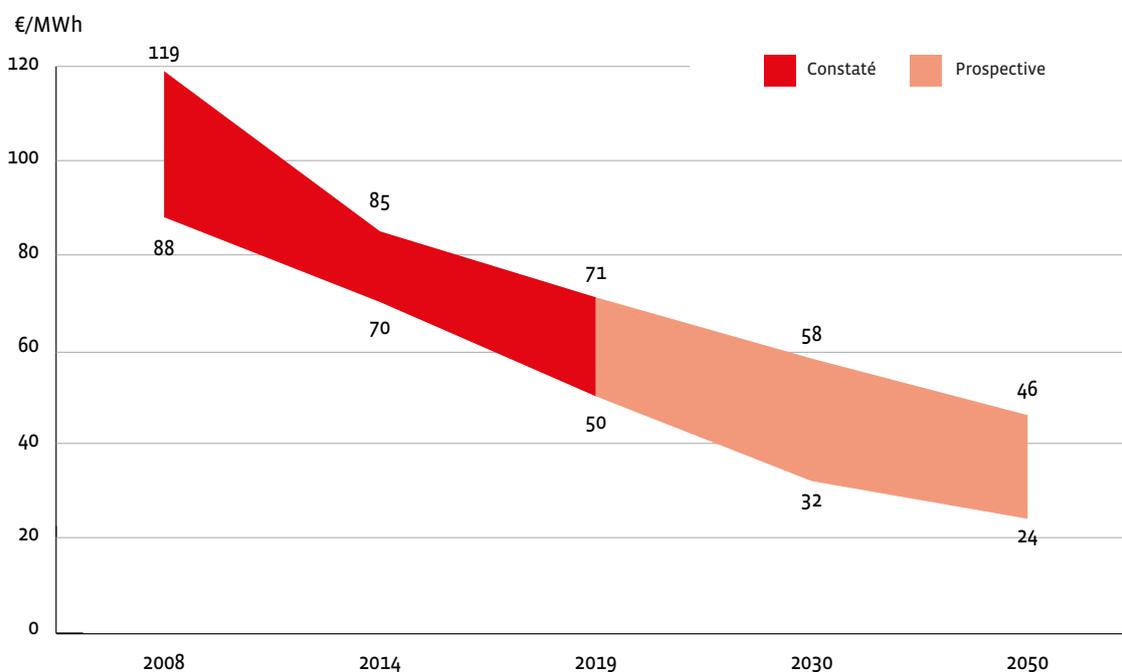
MOINS DE 25 € LE MWh EN 2050

Au cours de la période 2008-2019, le LCOE de l'éolien terrestre a baissé de 42 %, passant en moyenne de 104 €/MW à 60 €/MW (moyenne des estimations pour 2019), soit l'effet de la diminution des Capex (coûts d'investissement), de l'allongement de la durée de vie des équipements, de l'amélioration du facteur de charge lié à l'augmentation des hauteurs des nacelles et de la taille des rotors. L'autre facteur important est une baisse du facteur d'actualisation (passant de 6 % à 4 %), qui représente un tiers de la baisse. Le potentiel d'innovation reste important sur l'ensemble de la chaîne des projets. Aussi, le LCOE de l'éolien terrestre devrait continuer à baisser de 25 % en moyenne de 2019 à 2030, puis de 20 % supplémentaires de 2030 à 2050. Il faut toutefois préciser

Graphique n° 2

Évolution passée et projetée du LCOE des sites éoliens terrestres en France

Source : étude "Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



que ces prévisions d'évolutions peuvent être impactées par des renforcements de contraintes réglementaires ou des durcissements de l'acceptabilité locale qui ne sont pas intégrés dans les résultats actuels.

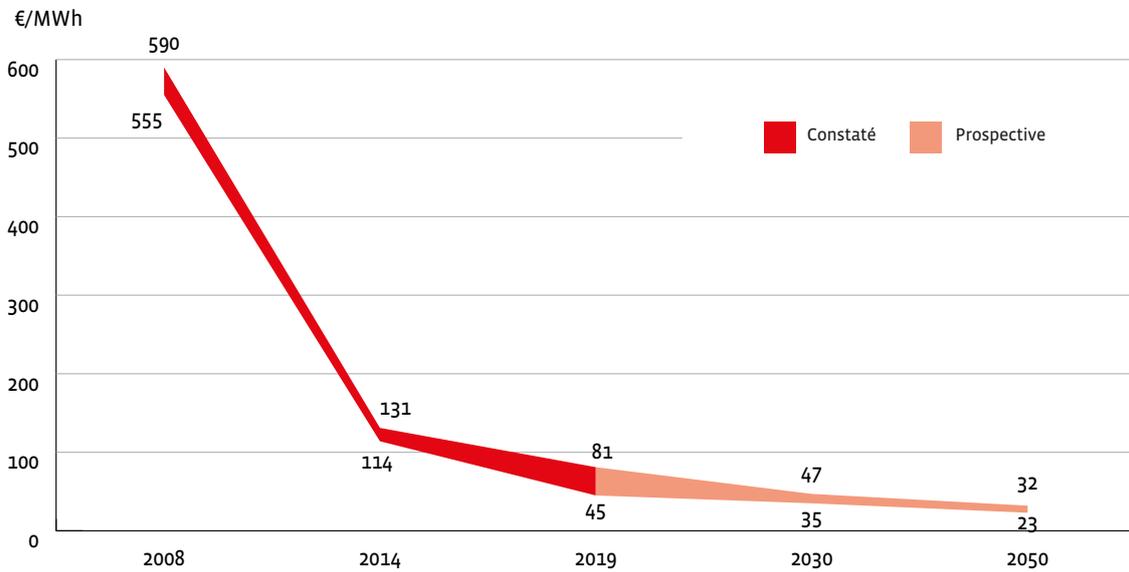
Pour les installations solaires au sol, la décroissance du LCOE a été très impressionnante. Entre 2008 et 2019, le Capex a été divisé par 7,3 et les Opex (coûts d'exploitation) par 4,7. Pour les années à venir, les évolutions font état d'une diminution de l'ordre de 50 % du coût complet moyen d'ici à 2050. Cependant, des paramètres comme le poids de la fiscalité ou le coût des loyers des terrains pourraient renchérir ces LCOE en cas de forte croissance à l'avenir.

À l'horizon 2030 et 2050, les technologies de l'éolien en mer posé et flottant devraient avoir atteint des niveaux de maturité économique et énergétique qui feront d'elles des éléments à part entière du panorama électrique français. Comme pour les autres filières, l'allongement de la durée de vie des équipements et la diminution des coûts de capital et d'exploitation conduisent à des évaluations des coûts complets entre 35 et 54 € le MWh pour l'éolien en mer posé et 58 et 71 pour le flottant.

Graphique n° 3

Évolution passée et projetée du LCOE des centrales photovoltaïques au sol en France

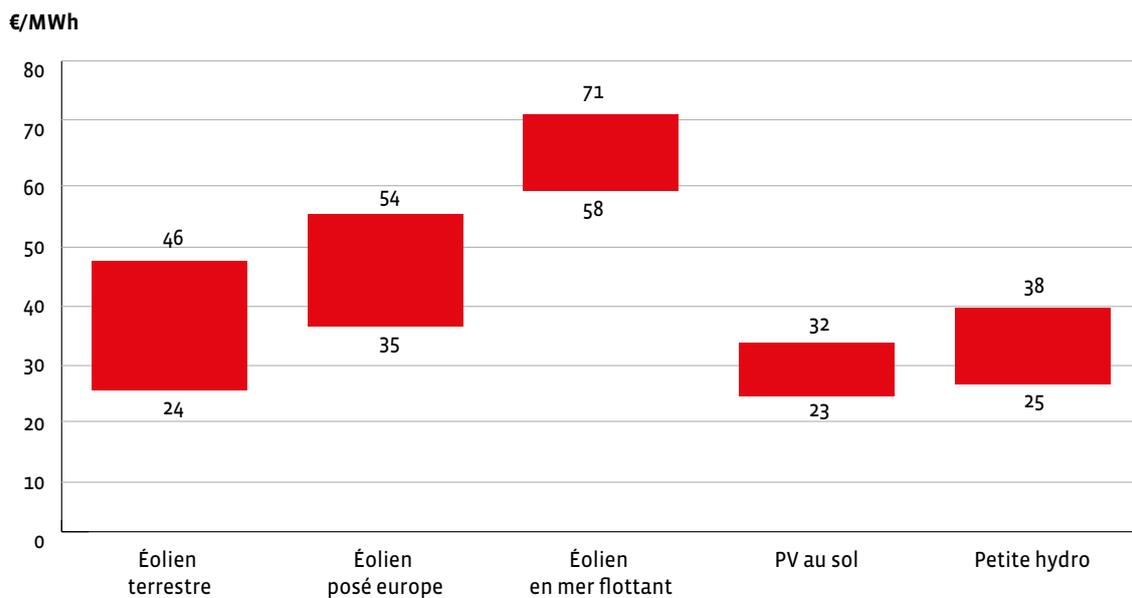
Source : étude "Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



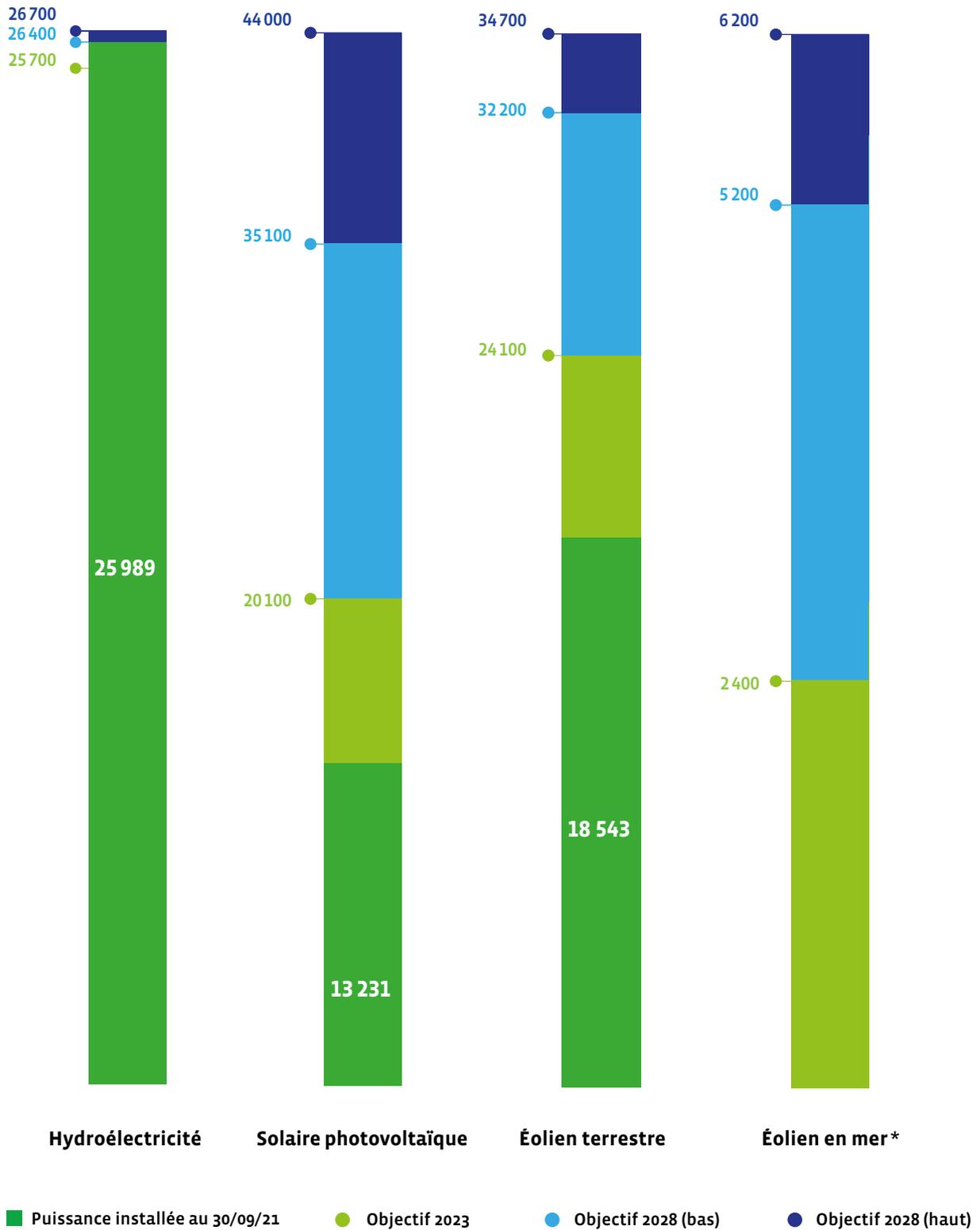
Graphique n° 4

LCOE des filières renouvelables électriques à 2050

Source : étude "Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France", Ademe, 2020.



LA PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE (EN MW)

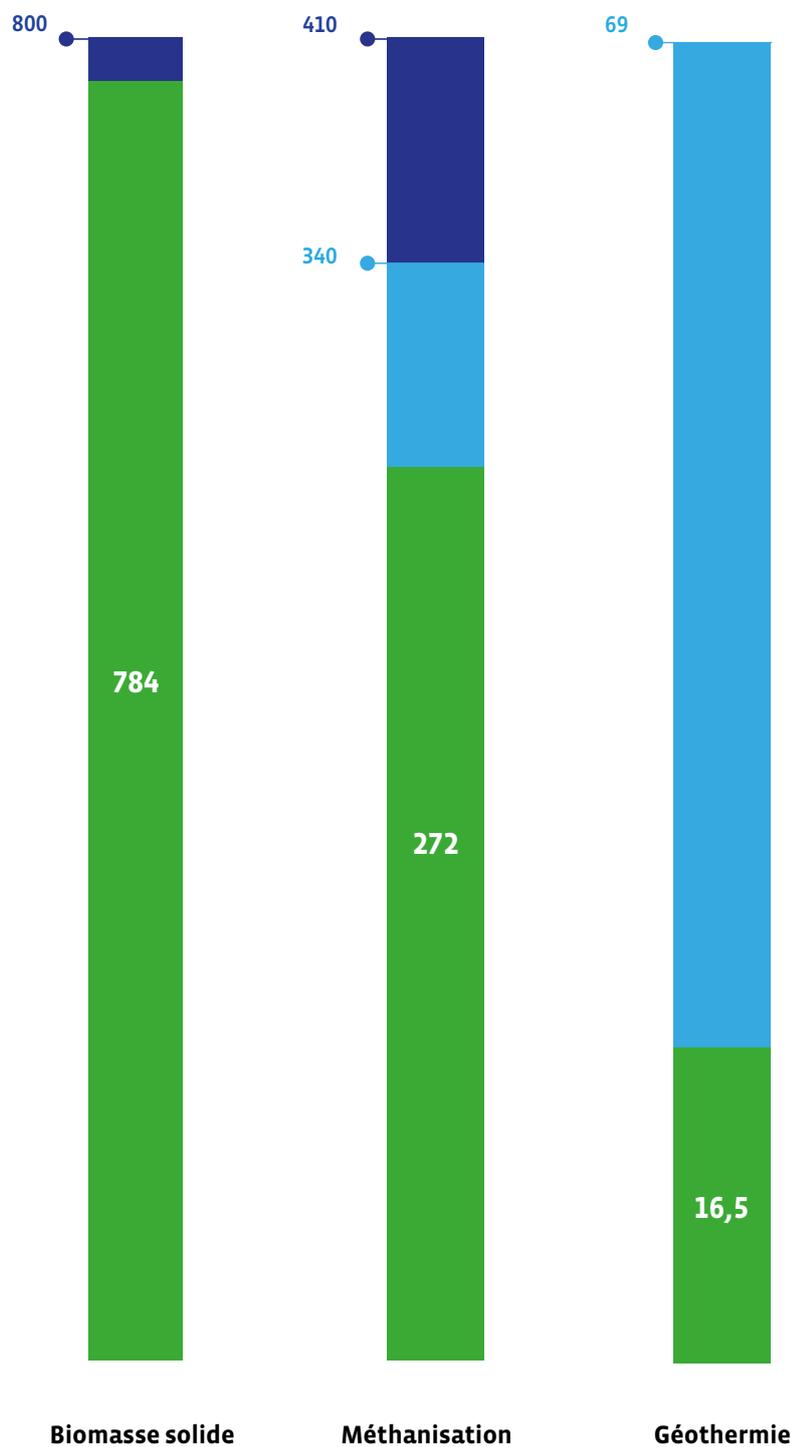


* La France ne compte aucun MW installé au 30/09/2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE (EN MW)



112

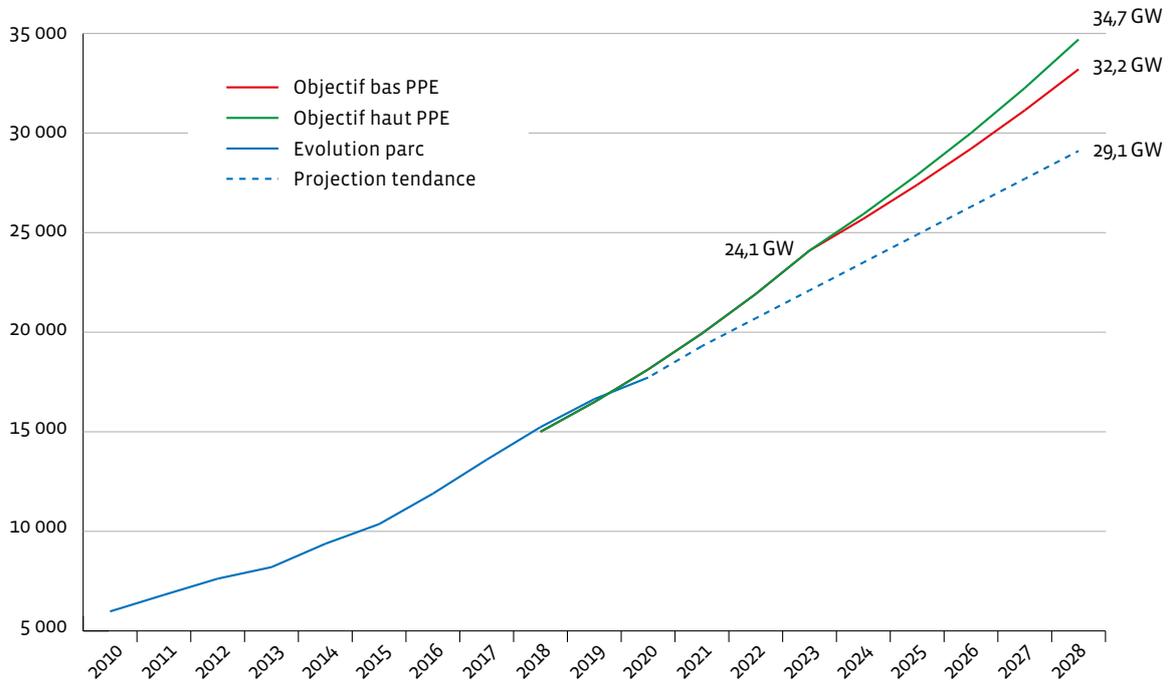
■ Puissance installée au 30/09/21 ● Objectif 2023 ● Objectif 2028 (bas) ● Objectif 2028 (haut)

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

PROJECTION DE LA TENDANCE DE PROGRESSION DU PARC ÉOLIEN ET OBJECTIFS DE LA PPE

Source : Observ'ER, 2021.

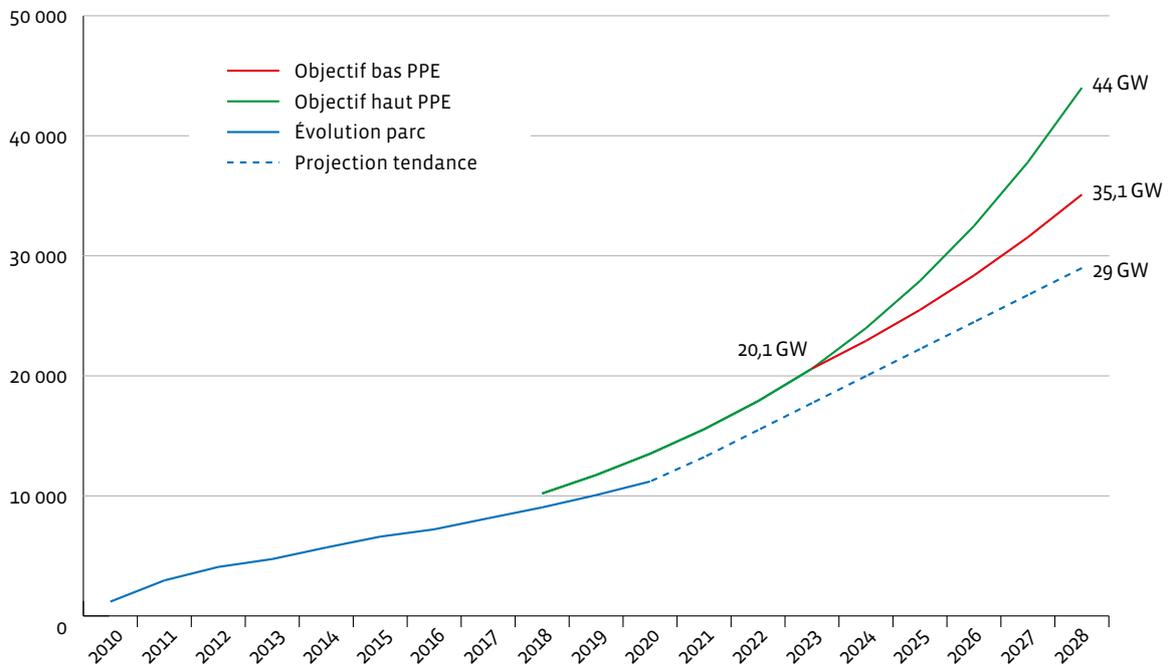


Pour la filière éolienne, la progression actuelle est en train de sortir du rythme demandé par la programmation pluriannuelle de l'énergie. L'objectif de 24,1 GW ne

sera pas atteint sans un rythme de 2 GW de puissance additionnelle par an, contre environ 1,5 GW actuellement. À fin 2028, le retard sur les objectifs pourrait être de 3 à 5 GW.

PROJECTION DE LA TENDANCE DE PROGRESSION DU PARC PHOTOVOLTAÏQUE ET OBJECTIFS DE LA PPE

Source : Observ'ER, 2021.

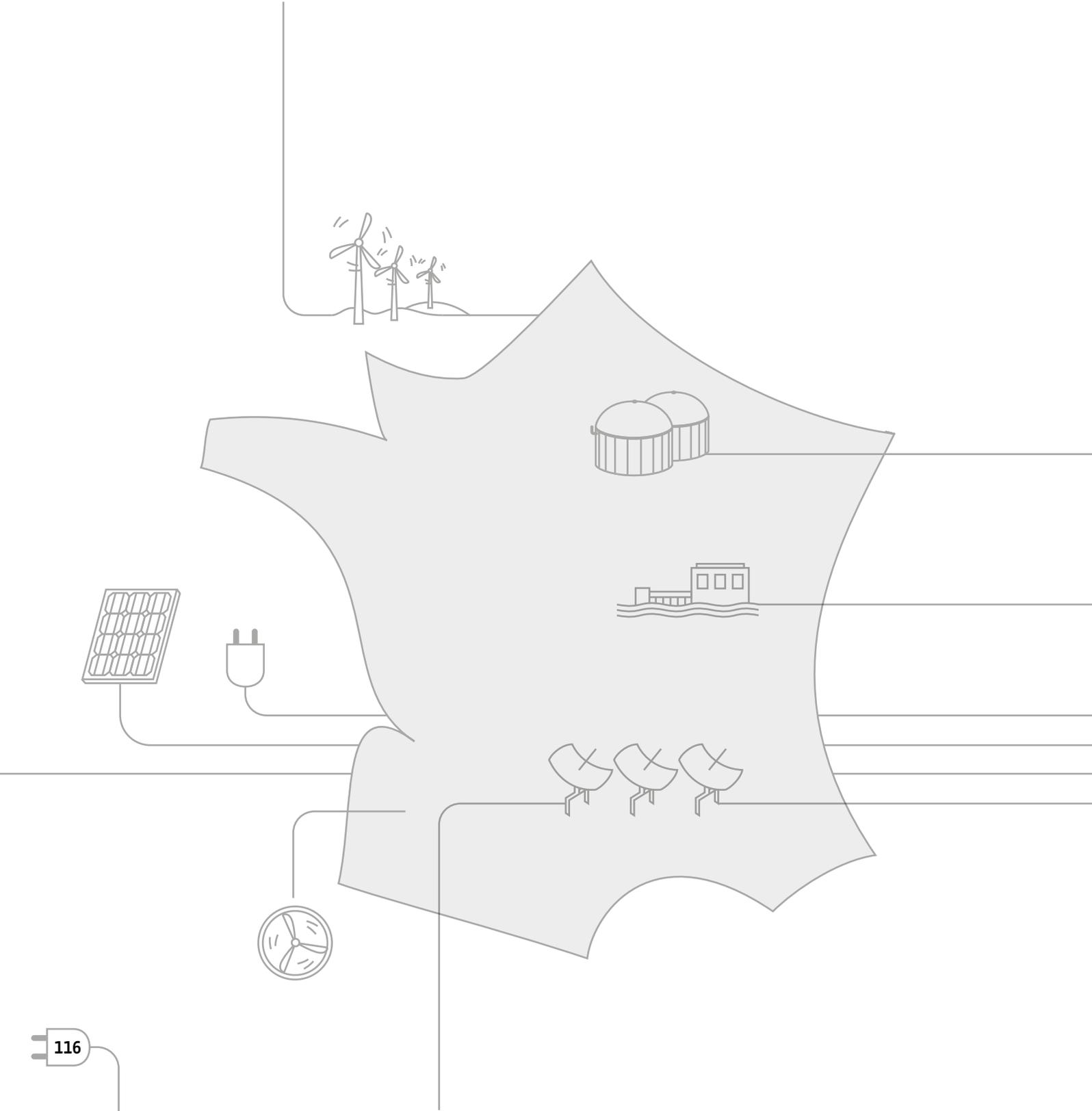


Pour la filière photovoltaïque, malgré le redressement du rythme de progression enregistré en 2021, un décrochage avec la feuille de route de la programmation plu-

riannuelle de l'énergie est déjà nettement visible. À fin 2028, le retard sur les objectifs pourrait être de 6 à 15 GW.

LES OBJECTIFS D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE POUR LA FRANCE EN 2023 SERONT-ILS ATTEINTS ?

Filière	Objectifs 2023	Situation actuelle	Commentaires
Hydraulique	25 700 MW	25 889 MW fin sept. 2021	Important outil de stockage de l'énergie, la PPE attend surtout que la filière conserve ses capacités. Pourtant un potentiel existe.
Éolien terrestre	24 100 MW	18 544 MW fin sept. 2021	La filière aurait dû avoir un rythme annuel de 2 GW depuis 2019 pour rester dans sa feuille de route. Le retard accumulé commence à être important. La réussite de l'objectif dépendra de la poursuite de la levée des obstacles administratifs, du desserrement de la contrainte spatiale et de l'acceptabilité des nouveaux projets sur l'ensemble du territoire.
Solaire photovoltaïque	20 100 MW	13 231 MW fin sept. 2021	Pour la première fois, la filière a atteint un rythme annuel de 2 GW supplémentaires. La réussite de l'objectif dépendra des capacités du secteur à conserver ce rythme en développant davantage les segments de marché autres que les grandes centrales au sol.
Biomasse solide	800 MW	784,32 MW fin 2021	L'objectif sera atteint. L'inquiétude pour le secteur vient du fait que l'actuelle PPE ne prévoit aucun nouvel appel d'offres futur pour la filière.
Méthanisation	270 MW	272 MW fin sept. 2021	L'objectif est déjà atteint car il n'était pas très ambitieux. La montée en puissance de la biométhanisation au détriment de la valorisation électrique est une contrainte de la filière.
Énergies marines	- Eolien posé en mer : 2 400 MW - Eolien flottant : 750 MW entre 2020 et 2022	247,3 MW fin 2021	Les mises en service des parcs des deux premiers AO devraient permettre à la filière de respecter l'objectif à 2023. L'enjeu est désormais de respecter le rythme des futures AO annuels.
Géothermie	24 MW	16,5 MW fin 2021	Objectif très incertain. L'arrêt de plusieurs projets fait planer l'incertitude sur le développement à venir du secteur.



LE DOSSIER DU BAROMÈTRE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



Nouveaux schémas d'aménagement de référence pour les régions, les Sradet sont désormais disponibles pour pratiquement toutes les régions métropolitaines. Un premier bilan de leurs ambitions peut être fait en matière d'énergies renouvelables.

LE SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT, DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES (SRADDET)

117

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA GENÈSE D'UN "SUPER" SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT

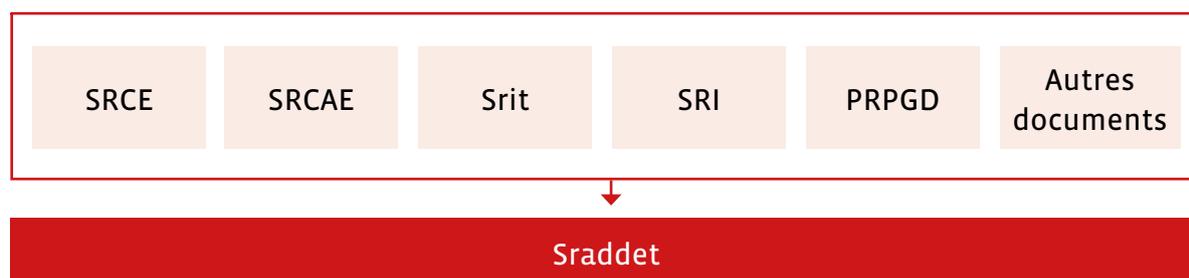
Les lois Grenelle 1 et 2 de 2009 et 2010 avaient ouvert la voie à une plus large autonomie des régions et des territoires pour déterminer leur avenir en matières d'énergie et d'actions environnementales. Le schéma régional climat air énergie (SRCAE) avait alors été le principal document de planification pour les régions françaises qui étaient alors sur l'ancien maillage territorial (22 régions métropolitaines). Ces schémas s'organisaient suivant deux volets : un état des lieux énergétique du territoire (bilan de production, de consommation et des potentiels énergétiques de la région) et un ensemble de scénarios à horizon 2020 et 2050 permettant d'afficher les priorités régionales, notamment en termes d'énergies renouvelables.

En matière d'énergies renouvelables, l'observation et la comparaison des SRCAE disponibles avaient permis de mettre en avant une volonté nette des régions de développer les filières électriques renouvelables,

puisque le cumul des objectifs régionaux était systématiquement plus élevé pour les filières électriques que les chiffres cibles du Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables¹, qui était alors la feuille de route de référence pour le pays. Cela était notamment frappant concernant le photovoltaïque, pour lequel les objectifs des SRCAE (1,3 Mtep) à 2020 culminaient à plus de deux fois ceux du plan national (0,6 Mtep). Pour l'éolien, les régions ambitionnaient un peu plus de 5,3 Mtep quand la programmation nationale en espérait 3,4. Fin 2020, arrivé au terme du principal horizon des objectifs des SRCAE, on se rend compte que le développement des régions a davantage suivi le rythme du plan national que celui des schémas pour l'éolien, alors que celui du photovoltaïque a été plus proche des

1. Plan qui détaillait les principales mesures à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020, fixé par la directive européenne 28/CE/2009.

Un schéma intégrateur et transversal



SRCE : Schéma régional de cohérence écologique – **SRCAE** : Schéma régional climat air énergie – **Srit** : Schéma régional des infrastructures et des transports – **SRI** : Schéma régional d'intermodalité – **PRPGD** : Plan régional de prévention et de gestion des déchets – **Autres documents** : autres documents de planification, de programmation ou d'orientation dans tout domaine contribuant à l'aménagement du territoire lorsque la région détient une compétence exclusive en la matière (exemple : stratégie de cohérence régionale d'aménagement numérique).

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

schémas régionaux (voir l'état d'avancement des SRCAE éolien et photovoltaïque dans la partie synthèse de ce baromètre). Depuis 2015 et la loi Notre (Nouvelle organisation territoriale de la République) le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SradDET) est le nouveau cadre de la planification régionale en matière d'aménagement du territoire. Il intègre le schéma régional d'aménagement et d'égalité des territoires (SRADT) auquel il se substitue, mais il absorbe aussi quatre schémas sectoriels dans lesquels il est question de cohérence écologique, de transports, d'intermodalité et du triptyque climat-air-énergie : SRCE, Srit, SRI, SRCAE. Enfin il remplace également le plan prévention-valorisation-recyclage des déchets : le PRPGD.

Dans sa composition, le SradDET est proche du SRCAE, puisqu'il contient un premier volet constituant une synthèse de l'état des lieux, des enjeux, des ambitions, et d'objectifs identifiés pour la région. Le second volet est consacré aux règles générales prescriptives ainsi qu'aux modalités de suivi et d'évaluation des objectifs affichés. Pour jouer pleinement ce rôle de mise en cohérence des stratégies d'aménagement, le SradDET doit assurer une bonne articulation des documents de planification régionaux et infrarégionaux, ce qui implique une grande mobilisation des acteurs locaux lors de la définition, de l'élaboration et de la mise en œuvre du schéma. Les organismes ou personnes publics associés sont :

- le préfet de région;
- les conseils départementaux (uniquement sur les aspects voirie et infrastructure numérique);
- les métropoles;

- les établissements publics en charge d'un Scot;
- les collectivités à statut particulier (comme la métropole de Lyon);
- les intercommunalités compétentes en matière de PLU;
- les autorités compétentes pour l'organisation de la mobilité qui ont élaboré un PDU;
- un comité composé de représentants des collectivités territoriales et de leurs groupements compétents en matière de collecte et de traitement des déchets, d'organismes publics et d'organisations professionnelles concernés, d'éco-organismes et d'associations agréées de protection de l'environnement;
- le comité régional en charge de la biodiversité;
- le cas échéant, les comités de massifs.

9 SCHÉMAS VALIDÉS À FIN 2021

Initialement, les acteurs régionaux avaient trois ans pour réaliser leur SradDET avec une date butoir fixée au 31 juillet 2019. Cela concernait toutes les régions à l'exception de l'Île-de-France (où il est remplacé par le SDRIF – schéma directeur de la région Île-de-France), la Corse et les Drom-COM (où le SRCAE reste le schéma principal). À fin 2021, seules 9 régions ont une version finale de leur SradDET approuvée par leur préfet (voir tableau n° 1). Les autres ont leur schéma soit en attente d'approbation, soit en cours de consultation publique. Tant que les SradDET ne sont pas publiés, ce sont les SRCAE qui font office de schémas régionaux pour les énergies renouvelables.

Tableau n° 1*État d'avancement des SradDET à fin 2021*

Région	État d'avancement du SradDET
Auvergne Rhône-Alpes	Approuvé
Bourgogne Franche-Comté	Approuvé
Bretagne	Approuvé
Centre-Val de Loire	Approuvé
Corse	SRCAE
Grand Est	Approuvé
Hauts-de-France	Approuvé
Île-de-France	SRCAE
Normandie	Approuvé
Nouvelle-Aquitaine	Approuvé
Occitanie	En attente d'approbation par le préfet
Pays de la Loire	En attente d'approbation par le préfet
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Approuvé

**LES ÉNERGIES RENOUVELABLES
DANS LES SRADDET**

Les énergies renouvelables et de récupération sont totalement intégrées aux SradDET. Les objectifs et les règles définies pour les technologies renouvelables s'adressent directement au PCAET (plan climat, air, énergie territorial) et ils sont supposés être la traduction à l'échelle locale des grandes orientations prises par l'État aux horizons 2030 ou 2050. L'établissement des feuilles de route énergie renouvelable des nouveaux schémas a souvent été l'occasion d'un travail de révision des anciennes trajectoires identifiées dans les SRCAE. Cela a été d'autant plus vrai pour les nouvelles régions issues de fusion où les SRCAE avaient parfois été réalisés sur la base de méthodologies différentes. Les comparaisons d'objectifs

régionaux entre eux et surtout leur mise en cohérence avec les objectifs nationaux sont rendus difficiles par des choix méthodologiques différents entre territoires. Si tous les schémas proposent des objectifs aux horizons 2030 et/ou 2050 pour les technologies renouvelables, les logiques de classification et les méthodes d'évaluation varient d'une région à l'autre. Ainsi une partie des territoires ne font pas de distinction claire entre la production de chaleur, d'électricité, ou d'autre vecteur énergétique en fonction des sources (exemple : pour la biomasse solide, le biogaz). D'autre part, les classifications de technologies peuvent varier sans définition claire des termes utilisés. C'est notamment le cas pour les pompes à chaleur et la géothermie, pour lesquels les technologies couvertes ne

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Un schéma prescriptif

La valeur ajoutée du SradDET réside d'abord dans son caractère transversal. En intégrant des schémas sectoriels thématiques, ce nouveau "super" schéma tend vers une planification régionale plus cohérente. Son autre point fort (et nouveau par rapport aux schémas auxquels il se substitue) est son caractère prescriptif. Le SradDET est juridiquement opposable aux documents d'urbanisme locaux, aux plans climat-énergie territoriaux ou aux plans de déplacements urbains – ils doivent prendre en compte les objectifs du nouveau schéma et se rendre compatibles avec ses règles générales.

Toutefois, l'efficacité des SradDET tiendra également dans la capacité des régions à trouver le bon positionnement avec les autres territoires, dans une logique de subsidiarité. Autrement dit, elles devront définir des orientations à portée réglementaire qui s'appliqueront dans la limite de leur territoire sans empiéter sur les compétences des autres régions.

semblent pas standardisées. Les niveaux de détail sont également très variables, très peu de régions expliquant sur quels projets ou potentiels identifiés elles comptent atteindre leurs objectifs renouvelables.

Les modes de valorisation de l'énergie primaire produite sont rarement précisées pour les filières à base de combustible (la biomasse). Il est parfois impossible d'identifier les objectifs distincts entre production de chaleur seule, d'électricité ou de gaz. Enfin, certaines technologies sont absentes de la majorité des SradDET, comme la valorisation énergétique des déchets ou la valorisation de chaleur fatale.

Les tableaux suivants présentent le détail des objectifs des SradDET (approuvés ou en

passé de l'être) pour chacune des régions. Afin de compléter le panorama de la métropole française, les régions Île-de-France et Corse ont été ajoutées sur la base respective du SDRI francilien et du SRCAE Corse. Les tableaux ne portent que sur l'éolien, le photovoltaïque et l'hydroélectricité car ce sont les seules technologies qui sont clairement identifiées dans chacun des SradDET. Les données de puissance sont celles au 30 septembre 2021 et les chiffres de productions sont ceux à la même date, basés sur les 12 mois précédents. En termes de méthodologie, les chiffres de puissance non disponibles dans les SradDET ont été calculés à partir des données de production issues des schémas régionaux en utilisant le taux de charge moyen régional observé en 2020.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION AUVERGNE RHÔNE-ALPES

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	612	1 380	2 500	4 000	1 244	3 563	4 807	7 700
Photovoltaïque	1 442	3 000	6 500	13 000	1 425	3 550	7 149	14 298
Hydroélectricité	11 452	11 850	12 100	12 600	27 241	27 700	27 552	27 552

La région souhaite augmenter de 54 % à l'horizon 2030 sa production d'énergie renouvelable et porter cet effort à 100 % à l'horizon 2050. Ce scénario intègre également une réduction de la consommation d'énergie

du territoire de 34 % d'ici 2050 (par rapport à 2015). Les efforts attendus en éolien et en photovoltaïque sont très importants mais aucune mesure spécifique n'est décrite dans le schéma pour ces secteurs.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	929	2 000	2 800	4 480	1 973	3 700	5 300	9 400
Photovoltaïque	428	2 240	3 800	10 800	394	2 500	4 600	12 100
Hydroélectricité	522	530	530	550	963	740	720	610

La région se base sur l'étude Ademe de 2015 "Un mix électrique 100 % renouvelables?" et prévoit une augmentation très marquée de la production photovoltaïque de 4 600 GWh pour 3 800 MW installé en 2030 et de 12 100 GWh pour 10 800 MW en 2050, grâce à de faibles contraintes d'installation sur le territoire et à une baisse des coûts importante. La PPE favorise les

installations qui respectent les exigences élevées sur les sols agricoles et l'absence de déforestation. Pour l'éolien, les objectifs prennent en compte les enjeux paysagers, l'intérêt des lieux et le patrimoine historique. La protection des oiseaux migrateurs et chauves-souris sera particulièrement prise en compte, ainsi que la limitation de l'emprise agricole et forestière.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION BRETAGNE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	1 116	2 097	2 856	5 376	2 065	4 387	5 976	11 249
Photovoltaïque	325	1 401	1 883	4 296	272	1 428	1 920	4 380
Hydroélectricité	275	32	32	32	565	66	66	66
Éolien en mer	0	945	1 891	4 592	0	3 781	7 562	18 366
Énergies marines	247	816	1 365	2 933	482	1 583	2 647	5 689

Note: les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Le facteur de charge utilisé pour la puissance éolienne en mer est basé sur les données de Provence-Alpes-Côte d'Azur, seule région à avoir communiqué à la fois des données de puissance et de production.

La région souhaite multiplier par 7 la production d'énergie renouvelable et réduire de 39 % les consommations à l'horizon 2040. Basé sur son précédent SRCAE et sur la Conférence bretonne de la transition énergétique, cet objectif vise à atteindre une autonomie énergétique, mais peu de mesures précises

sont évoquées pour accompagner ce développement, à part des mesures groupées telles qu'identifier une feuille de route pour l'éolien terrestre en concertation autour des enjeux d'habitats, de patrimoine et de biodiversité locale. Même démarche sur les énergies marines.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	1 363	2 618	3 459	5 162	2 952	6 230	8 233	12 286
Photovoltaïque	575	1 494	2 216	5 343	540	1 607	2 383	5 745
Hydroélectricité	92	95	93	86	139	130	127	118

Note: Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production.

La région reprend les orientations définies en 2012 dans le SRCAE et vise à couvrir 100 % de ses besoins énergétiques par des énergies renouvelables et de récupération en 2050, et à réduire sa consommation

d'énergie finale de 50 % par rapport à 2012. La région se base sur l'étude Ademe de 2015 "Un mix électrique 100 % renouvelables ?" pour la croissance de son parc éolien et photovoltaïque.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION CORSE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	18	nd	36	54	11	nd	60	90
Photovoltaïque	203	nd	115	130	255	nd	145	209
Hydroélectricité	223	nd	269	321	591	nd	653	795

Note: Chiffres issus du SRCAE.

Le SRCAE Corse de 2013 fait office de schéma principal pour les énergies renouvelables, et les chiffres du tableau sont issus du scénario dit de rupture. Un document ancien qui parfois décline des objectifs caducs. Ainsi, pour le photovoltaïque, axe important des énergies renouvelables de l'île, le schéma de référence vise des niveaux de puissance et de production à 2030 et 2050 qui sont déjà d'ores et déjà dépassés. Pour

l'éolien, le relief local est particulièrement peu adapté à cette technologie. Cependant, la Corse souhaite doubler (d'ici à 2030) puis tripler (pour 2050) son parc actuel. Concernant l'hydroélectricité, la région ambitionne de développer quelques sites de petite puissance et d'optimiser ses installations existantes pour produire 653 GWh en 2030 (pour 269 MW installés) puis 795 GWh en 2050 (321 MW).



Parc photovoltaïque du Grand Guéret (Creuse).

Rames Productions

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION GRAND EST

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	3 970	4 281	5 286	7 928	8 147	9 710	11 988	17 982
Photovoltaïque	898	1 130	1 505	3 590	827	1 853	2 470	5 892
Hydroélectricité	2 311	2 776	2 841	3 088	8 386	8 810	9 016	9 800
Géothermie	1,5	138	186	422	8	735	990	2 250

Note: Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production.

La région Grand Est veut continuer à développer les énergies renouvelables, qui couvrent aujourd’hui près de 20% de sa consommation finale d’énergie. Elle vise à couvrir 41% de ses besoins énergétiques par des énergies renouvelables en 2030 et être à «*énergie positive et bas carbone*» à l’horizon 2050. L’éolien devrait être consolidé et développé sur tout le territoire pour produire 11,99 TWh en 2030 et 17,98 TWh en 2050, soit une multiplication par plus de 5 par rapport à 2012. L’énergie solaire photo-

voltaïque, aujourd’hui très discrète dans le mix de la région, devra produire près de 15 fois plus en 2050, soit 5,89 TWh (2,47 TWh en 2030). La région a également la particularité de présenter de forts potentiels de géothermie, notamment à très haute température, pour produire de l’électricité. Lors de l’élaboration du Sraddet – c’est-à-dire avant les tremblements de terre ressentis fin 2020 dans le Bas-Rhin et causés par des forages géothermiques –, elle visait une production de 990 GWh en 2030 et 2,25 TWh en 2050.



Hydrolienne Sabella D10 (Bretagne).

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION HAUTS-DE-FRANCE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	5 219	3 350	3 355	nd	10 742	7 824	7 827	nd
Photovoltaïque	327	925	1 870	nd	249	878	1 778	nd
Hydroélectricité	4	12	18	nd	15	40	60	nd

Pour l'ensemble des énergies renouvelables (toutes filières et toutes valorisations), les Hauts-de-France visent un développement comparable à l'effort national en multipliant par 2 la part de l'ensemble de ces technologies à l'horizon 2030 par rapport à 2015, et en accordant ses objectifs 2050 avec le facteur 4 (diviser le niveau d'émission de CO2 par 4 en 2050 par rapport à 1990). En revanche, en ce qui concerne la filière éolienne, la région, qui

est la première en France en termes de puissance raccordée, compte ne plus développer son parc jusqu'à 2031 pour cause de saturation et vise un objectif de 100% de recyclage pour les parcs en fin de vie (cela implique de ne pas les prolonger, ce qui explique le recul du parc). Elle devra donc décupler ses efforts dans les autres filières. Pour le solaire, les objectifs sont une production multipliée par 10 en 2050 par rapport à la situation actuelle.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION ÎLE-DE-FRANCE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	127	nd	nd	1 076	271	nd	nd	2 700
Photovoltaïque	271	nd	nd	11 081	147	nd	nd	9 550
Hydroélectricité	20	nd	nd	101	64	nd	nd	213

Note : Les données de puissance pour 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Données issues du SRIDF.

La région, dans son SDRIF, renvoie aux objectifs présentés dans son SRCAE. Les objectifs 2030 n'y sont pas détaillés. Pour 2050, des propositions ont été élaborées. Toutefois, à si long terme, elles sont soumises à de fortes incertitudes et ne prennent pas en

compte d'éventuelles ruptures technologiques. Un fort développement du solaire photovoltaïque est attendu pour en faire la première source d'électricité renouvelable de la région en 2050, avec 9,55 TWh.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION NORMANDIE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	906	1224	1475	nd	1872	2903	3500	nd
Photovoltaïque	232	451	573	nd	211	472	600	nd
Hydraulique	30	35	35	nd	114	124	126	nd
Éolien en mer	0	1250	2075	nd	0	5000	8300	nd
Énergies marines	0	529	722	nd	0	1027	1400	nd

Note : Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Le facteur de charge utilisé pour la puissance éolienne en mer est basé sur les données de Provence-Alpes-Côte d'Azur, seule région à avoir communiqué à la fois des données de puissance et de production.

La région veut valoriser ses nombreuses ressources naturelles pour à la fois développer l'emploi et décarboner son économie, dont la part des énergies renouvelables dans la consommation devra atteindre 32 % en 2030. Pour cela, elle compte sur l'éolien terrestre en visant

400 nouveaux mâts d'ici 2030, ce qui, ajouté au parc de l'année de référence, correspond à une production totale de 3,5 TWh, et sur l'éolien en mer, avec 4 grands parcs pour une production annuelle attendue de 8,3 TWh en 2030.



Unité de méthanisation avec injection de biométhane dans le réseau à la ferme d'Arcy (Seine-et-Marne).

GRDF Gregory Branel

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	1 297	nd	5 016	8 472	2 694	nd	10 350	17 480
Photovoltaïque	3 163	nd	7 385	10 887	3 689	nd	9 700	14 300
Hydroélectricité	2 223	nd	2 102	2 102	4 125	nd	4 300	4 300
Éolien en mer	0	nd	963	2 275	0	nd	3 850	9 100
Énergies marines	0	nd	21	928	0	nd	40	1 800

Note: Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Le facteur de charge utilisé pour la puissance éolienne en mer est basé sur les données de Provence-Alpes-Côte d'Azur, seule région à avoir communiqué à la fois des données de puissance et de production.

L'éolien terrestre, peu développé aujourd'hui et de façon inégale dans la région, devrait s'accroître fortement à condition d'accompagner les projets pour faciliter leur acceptabilité. Le fort potentiel des territoires pourrait être exploité et produire 10,35 TWh en 2030 et 17,480 TWh en 2050. L'éolien offshore (posé ou flottant) présente également un fort poten-

tiel et pourrait représenter 3,85 TWh en production en 2030 et 9,1 TWh en 2050. Les énergies hydrolienne et houlomotrice ne possèdent pas encore de modèle économique assez robuste, mais dans le cas d'un changement de paradigme économique technologique, certains gisements identifiés pourraient produire près de 2 TWh à l'horizon 2050.



La chaufferie biomasse installée à Saint-Pantaléon-de-Larche (Corrèze) alimente une partie du réseau de chaleur de la ville de Brive depuis 2019.

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION OCCITANIE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	1655	nd	3600	5500	3674	nd	7890	12054
Photovoltaïque	2580	nd	6300	15000	2875	nd	7718	18376
Hydroélectricité	5285	nd	nd	nd	10169	nd	nd	nd
Éolien en mer	0	nd	1300	3000	0	nd	5200	12000

Note : Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Le facteur de charge utilisé pour la puissance éolienne en mer est basé sur les données de Provence-Alpes-Côte d'Azur, seule région à avoir communiqué à la fois des données de puissance et de production.

La région souhaite atteindre le facteur 4 (diviser le niveau d'émission de CO2 par 4 en 2050 par rapport à 1990) en réduisant ses consommations au maximum et en couvrant les besoins résiduels par la production d'énergies renouvelables. Le photovoltaïque est la principale technologie mise en avant, avec 15 000 MW visés en 2050

en misant notamment sur les surfaces de toits des bâtiments publics ou privés sur des sites en ombrières et sur des grandes opérations au sol. Pour l'éolien, la région espère le développement de quelques sites en mer sur des structures flottantes (3 000 MW à fin 2050).



SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION PAYS DE LA LOIRE

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	1 149	1 811	1 995	2 660	2 338	4 085	4 500	6 000
Photovoltaïque	748	1 486	1 852	4 816	729	1 605	2 000	5 200
Hydroélectricité	11	12	13	16	25	23	25	30
Éolien en mer	0	900	900	2 950	0	3 600	3 600	11 800

Note : Les données de puissance pour 2026, 2030 et 2050 ont été calculées à partir des chiffres de production. Le facteur de charge utilisé pour la puissance éolienne en mer est basé sur les données de Provence-Alpes-Côte d'Azur, seule région à avoir communiqué à la fois des données de puissance et de production.

La région a pour ambition d'être à énergie positive en 2050, en diminuant drastiquement sa consommation et en développant les énergies renouvelables et de récupération. Elle profite de bons régimes de vent grâce à sa façade atlantique et vise à produire 11 800 GWh d'électricité avec ses parcs éoliens offshore, mais aussi 6 000 GWh onshore à l'horizon 2050. Actuellement

première source d'énergie renouvelable, les bioénergies font également partie de la stratégie long terme de la région, avec notamment un fort développement de la méthanisation pour la production à la fois de chaleur et d'électricité estimé à 10 200 GWh en 2050. À cet horizon, le photovoltaïque devrait quant à lui produire près de 8 fois plus d'énergie qu'il ne le fait aujourd'hui.



Sortie d'usine de la première nacelle pour le futur parc éolien en mer de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique).

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

SYNTHÈSE DES OBJECTIFS SRADDET EN RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

	Puissances en MW				Productions en GWh			
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	97	474	597	1305	184	1228	1547	3000
Photovoltaïque	1594	9779	11730	46852	2070	12523	15023	60023
Hydroélectricité	3273	3929	3956	4100	9316	9070	9070	9709
Éolien en mer	0	594	1000	2000	0	2379	4000	8000

Le soleil est l'atout principal de la région, c'est pourquoi les objectifs photovoltaïques sont très ambitieux. Le développement du solaire en toiture et sur les espaces artificialisés vise à produire 15,02 TWh en 2030 et 60 TWh en 2050. L'éolien offshore compte se développer grâce aux nouvelles technologies flottantes afin de produire 4 TWh en

2030 et 8 TWh en 2050. Le terrestre continuera son développement actuel pour doubler et atteindre 1,55 TWh en 2030 et 3 TWh en 2050. Sur l'hydraulique, le Sraddet anticipe une diminution des débits puisque sur la production à 2030 est 25 % inférieure à celle de 2020.

Centrale hydroélectrique Aqua Bella, sur les communes d'Aiguebelle et de Randens (Savoie).



SYNTHÈSE DES OBJECTIFS DES SCHÉMAS RÉGIONAUX AU NIVEAU MÉTROPOLITAIN (AVEC CORSE) (EN MW)

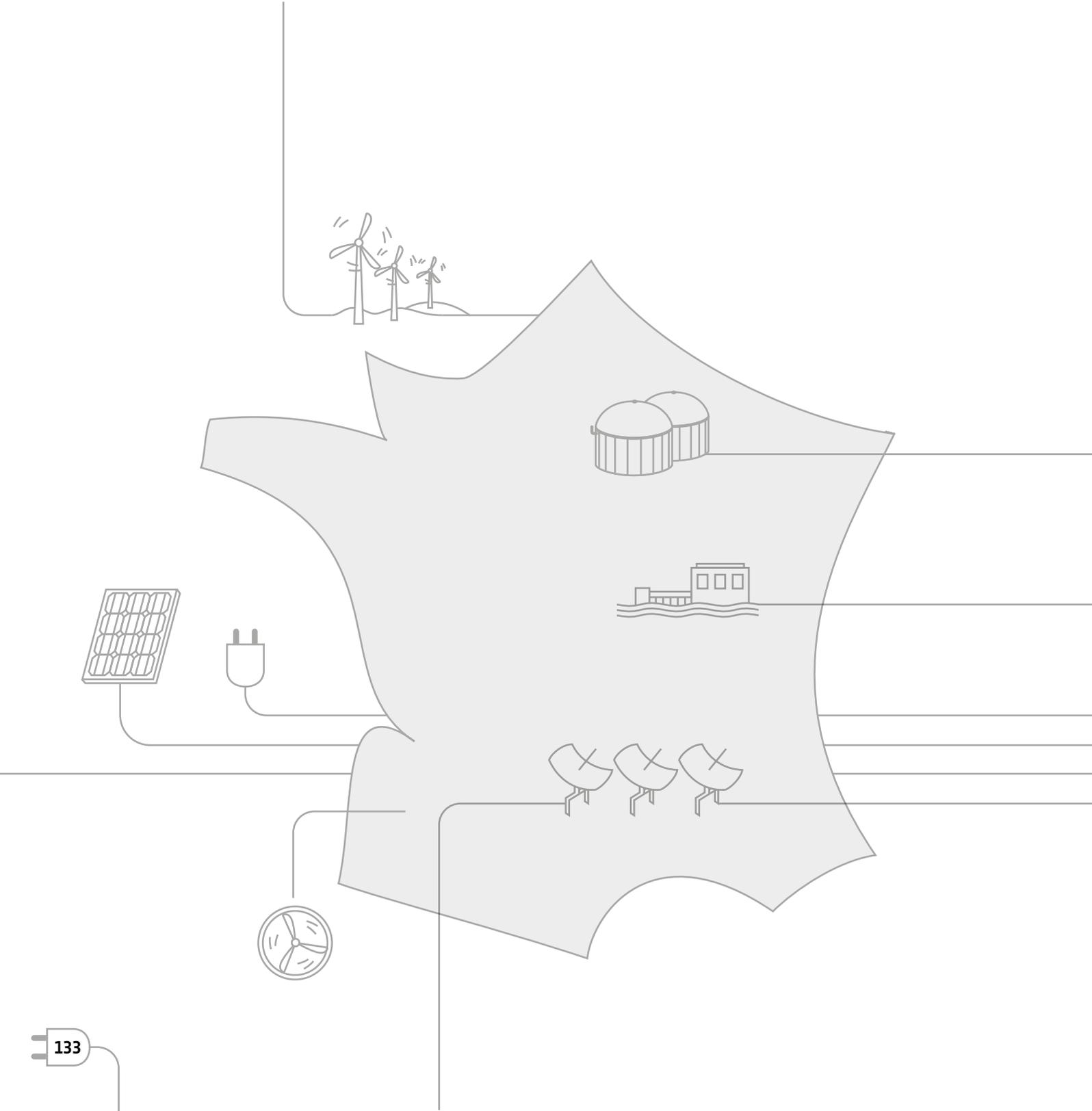
	Situation au 30/9/2021	Objectif 2026	Rappel objectif PPE à 2028	Objectif 2030	Objectif 2050
Éolien terrestre	18 458	25 863	Entre 33,2 et 34,7 GW	33 404	50 843
Photovoltaïque	12 786	34 546	Entre 35,1 et 44 GW	49 525	128 238
Hydraulique	25 721	26 936	Entre 26,4 et 26,7 GW ¹	27 448	28 461
Éolien en mer ²	0	3 689	Entre 5,2 et 6,2 GW	8 128	17 257

1. Objectif national, incluses les centrales de pompage hydroélectriques et l'énergie marémotrice.

2. La projection à 2050 intègre les 2 440 MW actuellement en projet ou phase d'appels d'offres en Normandie. Les projections en Nouvelle-Aquitaine et en Occitanie prennent en compte le fait qu'aucun parc en mer n'est prévu avant 2026.

La mise en correspondance du cumul des objectifs des 12 régions analysées avec la feuille de route de la programmation pluriannuelle de l'énergie se heurte au fait que certaines régions n'ont pas identifié de données certaines années. Pour corriger cela, des projections ont été faites pour estimer les valeurs manquantes. Des quatre filières principales, l'éolien terrestre est celle qui apparaît comme la moins en phase avec les objectifs de la PPE, puisque le cumul à 2026 fait état de 25 863 MW et celui à 2030 de 33 404 MW, contre un seuil visé qui se situe au-delà de 33 MW dès 2028.

Au vu des annonces actuelles, l'éolien en mer ne devrait pas non plus atteindre ses objectifs à 2028. Il faudrait donc de nouvelles annonces importantes pour que les années 2029 et 2030 voient une forte accélération des installations basées sur l'expérience acquise avec les premiers parcs mis en service. Pour les autres filières, l'ensemble des SradDET propose des dynamiques compatibles avec les objectifs de la PPE. Pour le photovoltaïque, les valeurs estimées pour 2030 sont même au-dessus des 44 GW ambitionnés. ●



PANORAMA RÉGIONAL DES FILIÈRES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Tableau n° 1

Puissances régionales électriques renouvelables par source d'énergie renouvelable en 2020 (en MW)

Source : Observ'ER, d'après données Sdes, RTE, Enedis et EDF SEI.

	Hydrau- lique	Éolien ¹	PV ²	Biomasse solide et déchets	Biogaz	Énergies marines	Géother- mie	Total
Auvergne Rhône-Alpes	11 794	603	1 205	145	42	0,3	0	13 789
Bourgogne Franche-Comté	523	862	334	53	24	0	0	1 796
Bretagne	275	1 071	257	43	33	248,4	0	1 927
Centre-Val de Loire	92	1 305	385	71	16	0	0	1 869
Corse	223	18	192	0	2	0	0	435
Grand Est	2 309	3 861	612	162	79	0	1,7	7 023
Hauts-de-France	4	4 867	189	138	49	0	0	5 247
Île-de-France	20	106	152	242	78	0	0	598
Normandie	30	859	192	89	38	0	0	1 208
Nouvelle-Aquitaine	1 766	1 168	2 667	291	48	0,9	0	5 941
Occitanie	5 411	1 659	2 195	115	33	0	0	9 413
Pays de la Loire	11	1 059	614	36	41	0	0	1 761
PACA	3 273	97	1 436	273	29	0	0	5 108
France métropolitaine	25 731	17 535	10 430	1 658	512	249,6	1,7	56 116
Guadeloupe	11	43	85	59,5	5	0	15,0	204
Guyane	119	0	55	2	0	0	0	176
La Réunion	138	17	204	95	4	0	0	458
Martinique	0	15	71	44	1	0	0	131
Mayotte	0	0	17	0	1	0	0	18
Total Drom	268	75	432	201	11	0	15	987
Total France	25 999	17 610	10 862	1 859	523	249,6	16,7	57 102

1. Le total de la puissance 2020 est différent de celui affiché page 9 car la décomposition régionale du chiffre consolidé n'est pas disponible.

2. Le total de la puissance 2020 est différent de celui affiché page 22 car la décomposition régionale du chiffre consolidé n'est pas disponible.

Tableau n° 2

Puissances régionales électriques renouvelables à fin septembre 2021 (en MW)

Source : Observ'ER, d'après données Sdes, RTE, Enedis et EDF SEI.

	Hydrau- lique	Éolien	PV	Biomasse solide et déchets	Biogaz	Énergies marines	Géother- mie	Total
Auvergne Rhône-Alpes	11 452	612	1 442	148	42	0,3	0	13 696
Bourgogne Franche-Comté	522	929	428	52	27	0	0	1 958
Bretagne	275	1 116	325	34	47	247,0	0	2 044
Centre-Val de Loire	92	1 363	575	71	17	0	0	2 118
Corse	223	18	203	0	2	0	0	446
Grand Est	2 311	3 970	898	170	85	0	1,5	7 436
Hauts-de-France	4	5 219	327	129	51	0	0	5 730
Île-de-France	20	127	271	247	78	0	0	743
Normandie	30	906	232	108	40	0	0	1 316
Nouvelle-Aquitaine	2 223	1 297	3 163	298	55	0	0	7 036
Occitanie	5 285	1 655	2 580	113	35	0	0	9 668
Pays de la Loire	11	1 149	748	37	43	0	0	1 988
PACA	3 273	97	1 594	256	37	0	0	5 257
France métropolitaine	25 721	18 458	12 786	1 663	559	247,3	1,5	59 436
Guadeloupe	11	53	86	59,5	4	0	15,0	229
Guyane	119	0	55	2	0	0	0	176
La Réunion	138	17	214	95	4	0	0	468
Martinique	0	15	73	44	1	0	0	133
Mayotte	0	0	18	0	0	0	0	18
Total Drom	268	85	446	201	9	0	15	1 024
Total France	25 989	18 543	13 232	1 864	568	247,3	16,5	60 459

135

En 2020, l'ensemble du parc de production électrique renouvelable français n'a augmenté que de 2 220 MW. Un chiffre particulièrement faible qui s'explique en grande partie par le report du raccordement de nombreux projets à 2021 dû à la crise sanitaire. Au cours des neuf premiers mois de 2021, 3 357 MW supplémentaires

ont été ajoutés au parc électrique national. L'hydraulique reste la première filière de production d'électricité renouvelable, avec 46 % de la puissance totale renouvelable, mais l'écart avec l'éolien se réduit. Cependant, en 2021, c'est le photovoltaïque qui a le plus progressé, avec 2 370 MW de mieux pour l'ensemble du territoire.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Tableau n° 3

Productions régionales électriques renouvelables en 2020 (en GWh)

Source : Observ'ER, d'après données RTE, Enedis et EDF SEI.

	Hydrau- lique	Éolien	PV	Bioénergies	Énergies marines	Géother- mie	Total
Auvergne Rhône-Alpes	26 575	1 141	1 327	769	0	0	29 812
Bourgogne Franche-Comté	696	1 944	384	307	0	0	3 331
Bretagne	567	2 241	262	363	482	0	3 915
Centre-Val de Loire	126	3 106	414	414	0	0	4 060
Corse	500	11	238	6	0	0	755
Grand Est	7 328	8 757	653	911	0	8	17 657
Hauts-de-France	12	12 535	172	819	0	0	13 538
Île-de-France	42	266	131	769	0	0	1 208
Normandie	107	2 038	201	393	0	0	2 739
Nouvelle-Aquitaine	3 612	2 410	3 503	1 363	0	0	10 888
Occitanie	10 868	3 636	2 689	532	0	0	17 725
Pays de la Loire	21	2 389	663	390	0	0	3 463
PACA	10 880	95	1 994	556	0	0	13 525
France métropolitaine	61 334	40 569	12 631	7 592	482	8,0	122 616
Guadeloupe	25	73	104	76	0	115,0	393
Guyane *	410	0	50	128	0	0	588
La Réunion *	420	12	260	1 200	0	0	1 892
Martinique *	0	50	90	250	0	0	390
Mayotte *	0	0	25	25	0	0	50
Total Drom	855	135	529	1 679	0	115	3 313
Total France	62 189	40 704	13 160	9 271	482	123,0	124 841

* Chiffres de production 2019.

Tableau n° 4

Productions régionales électriques renouvelables d'octobre 2020 à septembre 2021 (en GWh)

Source : Observ'ER, d'après données Sdes, RTE, Enedis et EDF SEI.

	Hydrau- lique	Éolien	PV	Bioéner- gies	Énergies marines	Géother- mie	Total
Auvergne Rhône-Alpes	27 241	1 244	1 425	765	0	0	30 675
Bourgogne Franche-Comté	963	1 973	394	314	0	0	3 644
Bretagne	565	2 065	272	384	482	0	3 768
Centre-Val de Loire	139	2 952	540	408	0	0	4 039
Corse	591	11	255	5	0	0	862
Grand Est	8 386	8 147	827	1 036	0	8	18 396
Hauts-de-France	15	10 742	249	799	0	0	11 805
Île-de-France	64	271	147	771	0	0	1 253
Normandie	114	1 872	211	509	0	0	2 706
Nouvelle-Aquitaine	4 125	2 694	3 689	1 290	0	0	11 798
Occitanie	10 169	3 674	2 875	505	0	0	17 223
Pays de la Loire	25	2 338	729	392	0	0	3 484
PACA	9 316	184	2 070	626	0	0	12 196
Total France métropolitaine	61 713	38 167	13 683	7 804	482	8	121 849

En 2020, la production électrique d'origine renouvelable a été de plus de 124 TWh pour l'ensemble du territoire français (avec cependant des chiffres 2019 pour la plupart des territoires d'outre-mer). Ce chiffre est significativement plus important que celui de 2019, une année marquée par une pluviométrie médiocre, ce qui limite la production du parc hydroélectrique. 2021 s'annonce dans la continuité de 2020, avec une production totale aux alentours de 125 TWh.

137

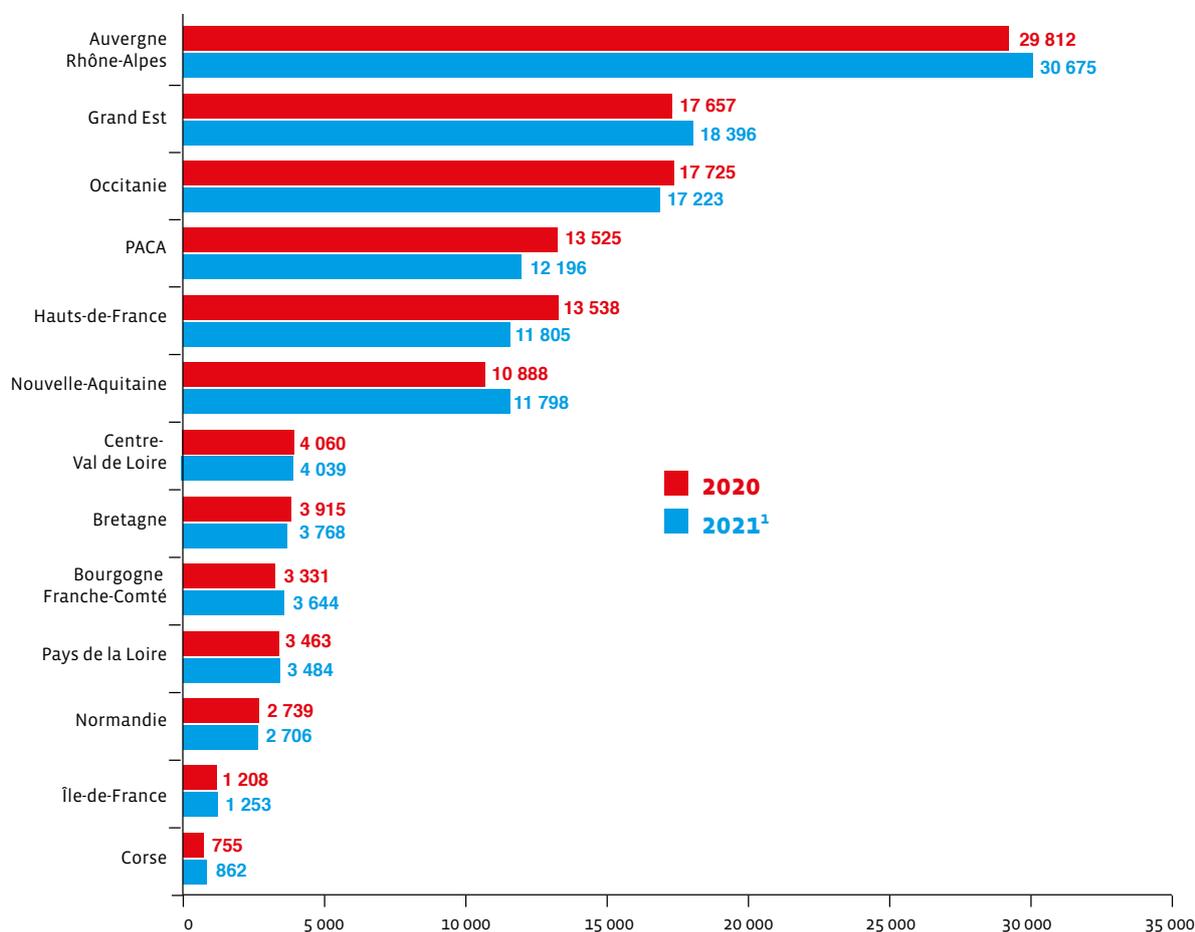
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 1

Classement des régions selon la production électrique renouvelable en 2020 et 2021 (en GWh)

Source : Observ'ER, d'après données RTE, Enedis et EDF SEI.



1. Production à fin septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

138

L'observation du classement des régions françaises sur la base des chiffres de production électrique, toutes filières confondues, montre que certaines régions ont une production électrique moindre en 2021 qu'en 2020. Ce phénomène est dû au fait que les premiers mois de 2020 avaient pro-

fité de facteurs de charge éoliens particulièrement bons. Cela s'illustre surtout dans les deux premières régions d'implantation de cette énergie : Grand Est et Auvergne Rhône-Alpes.

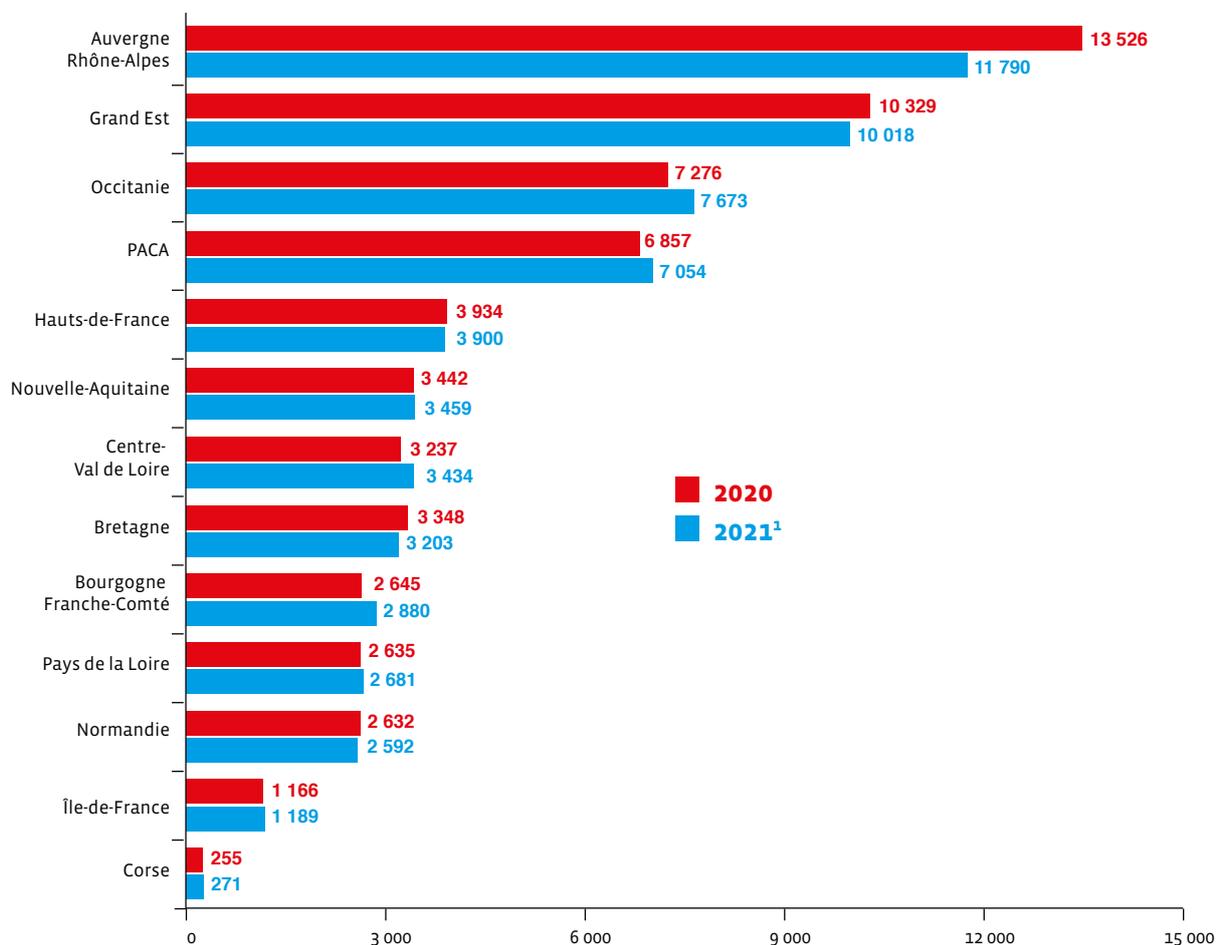
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 2

Classement des régions selon la production électrique renouvelable pour les filières éolienne, photovoltaïque, biomasse et géothermie pour les années 2020 et 2021¹ (en GWh)

Source : Observ'ER, d'après données Sdes, RTE et Enedis.



1. Production à fin septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

La filière hydroélectricité mise de côté, c'est la région Hauts-de-France qui arrive en tête de la production électrique renouvelable, portée en cela par son parc éolien. Le phénomène de baisse de facteur de charge de l'éolien en 2021 par rapport à 2020 est d'autant plus visible sur ce graphique. Les

deux régions Nouvelle-Aquitaine et Occitanie sont les plus dynamiques dans le secteur du photovoltaïque et voient leur production nettement progresser en 2021.

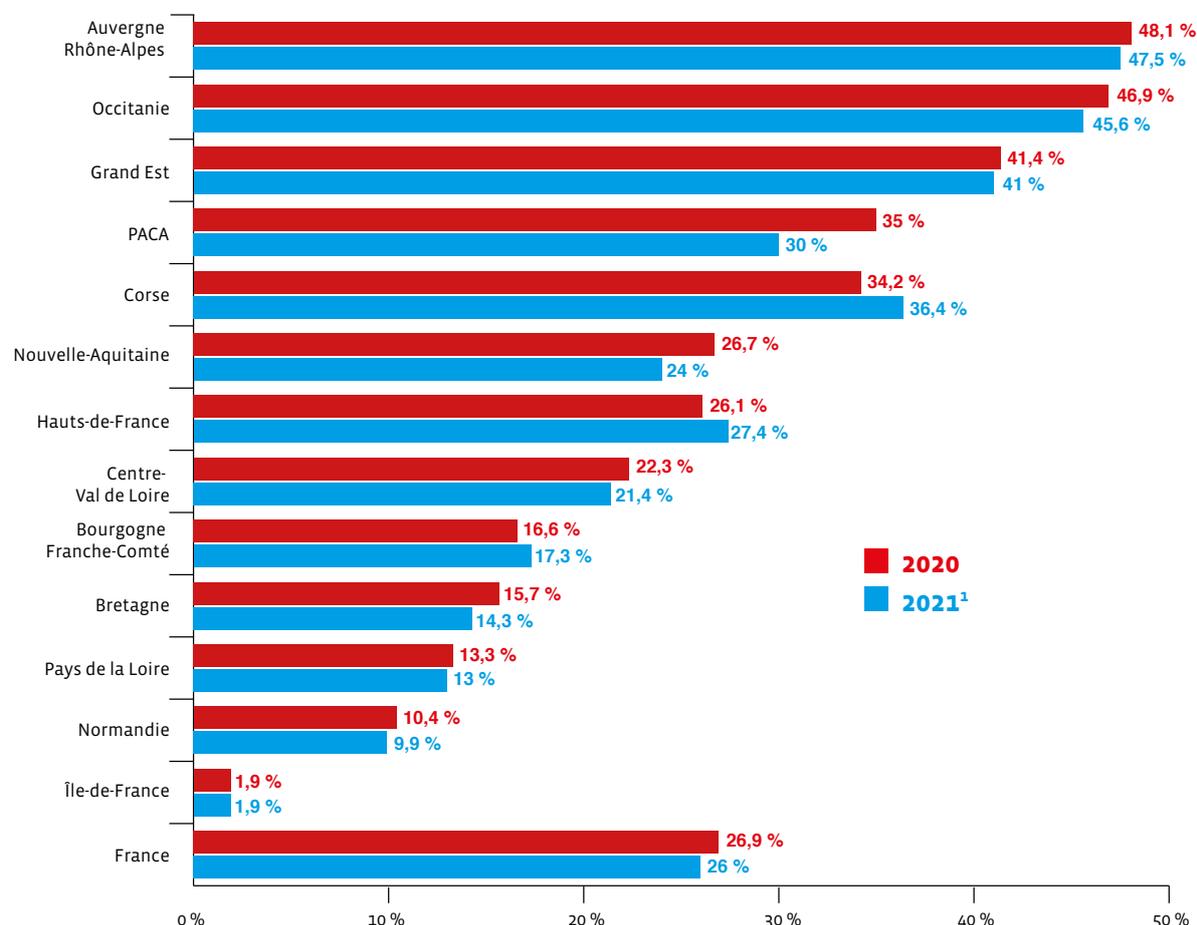
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 3

Couverture de la consommation électrique régionale par les filières renouvelables en 2020 et 2021

Source : Observ'ER, d'après des données RTE, Enedis et EDF SEI.



1. Production à fin septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

140

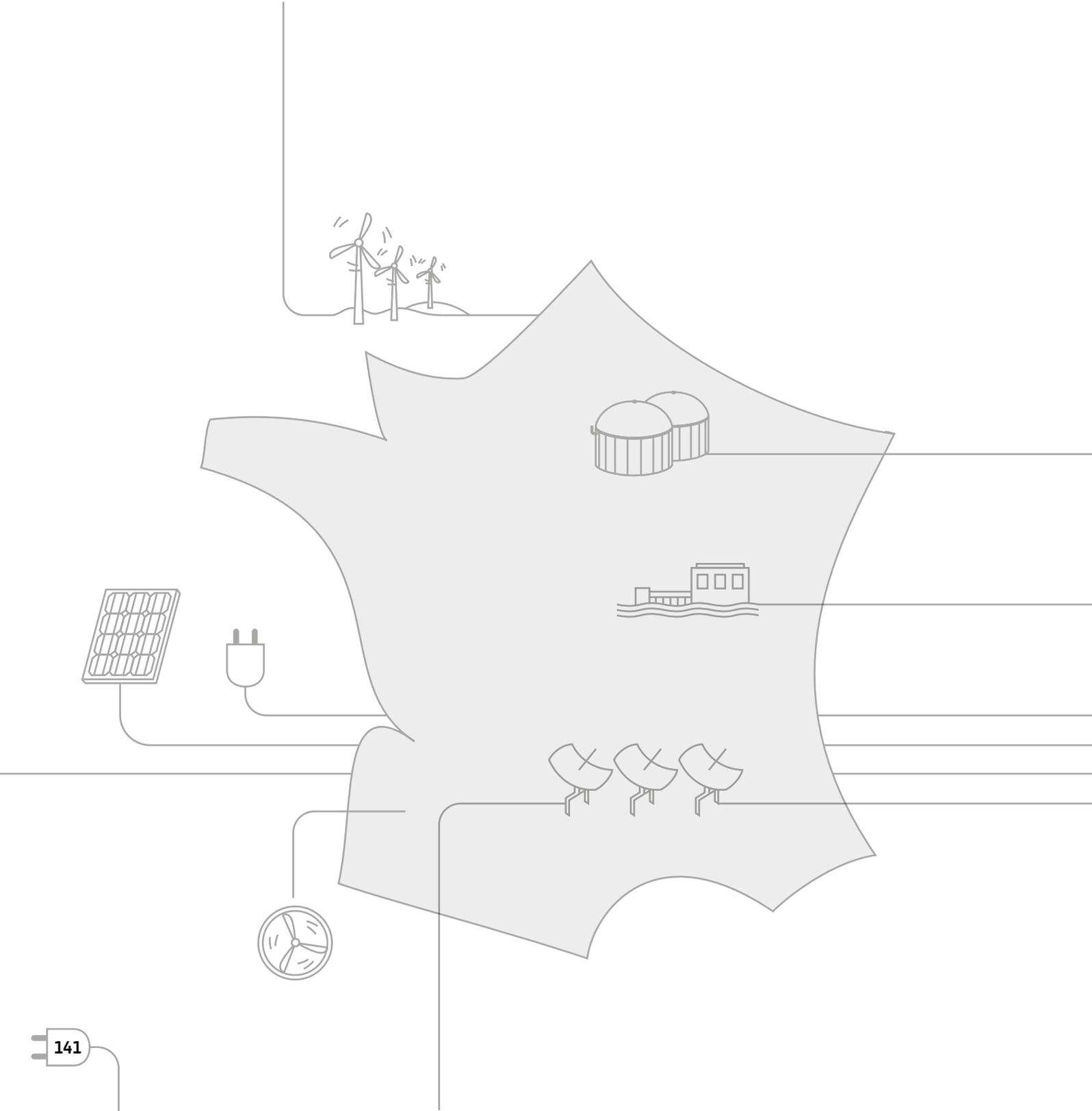
En 2020, le taux de couverture des besoins électriques avait été mécaniquement aidé par la crise sanitaire et les confinements, qui avaient entraîné des ralentissements économiques et donc de la consommation électrique. La production renouvelable ayant été en hausse l'an passé, sa part relative a donc bénéficié d'un effet de levier qui a disparu en 2021. Ainsi, en 2020, les filières renouvelables avaient couvert 26,9 % de la

consommation électrique du pays (contre 21,9 % en 2019) et, sur les douze mois glissants d'octobre 2020 à fin septembre 2021, ce taux est de 26 %.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Retour
au sommaire



RÉGIONS À LA LOUPE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

MÉTHODOLOGIE ET SOURCES

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Capacité EnR électrique installée



Sources : Sdes, RTE, Enedis et EDF SEI

Production EnR



Sources : RTE, Enedis et EDF SEI

Taux de couverture EnR de la consommation électrique



Sources : RTE, Enedis et EDF SEI

Puissance EnR raccordée 2010-2021



Sources : SDES, RTE, Enedis et EDF SEI

PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique régional (en MW)



Sources : Sdes, RTE, Enedis et EDF SEI

Production électrique régionale des filières EnR (en GWh)



Sources : RTE, Enedis et EDF SEI

Note : La production électrique de la bioénergie rassemble les productions des filières biomasse solide, biogaz et incinération des déchets urbains.

OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2030

Objectif régional éolien 2030

Objectif régional PV 2030

Sources : Sraddet

Note : Lorsque le Sraddet présente des fourchettes haute et basse de développement pour une filière à l'horizon 2030, seule la fourchette haute a été reprise.

142

 Gisement hydraulique 2050

 Gisement éolien 2050

 Gisement PV au sol 2050

 Gisement PV sur toiture 2050

Source :

Étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2016. Méthodologie décrite pages 11 et 12 de l'étude Ademe.

Note : Le terme "gisement" désigne le potentiel maximum installable d'une technologie. Le gisement hydraulique rassemble les filières : centrales au fil de l'eau, centrales de lacs et éclusées et stations de pompage-turbinage. Le gisement éolien rassemble les filières éolien terrestre et éolien en mer. Les gisements identifiés dans l'étude Ademe ne portent que sur les régions métropolitaines.

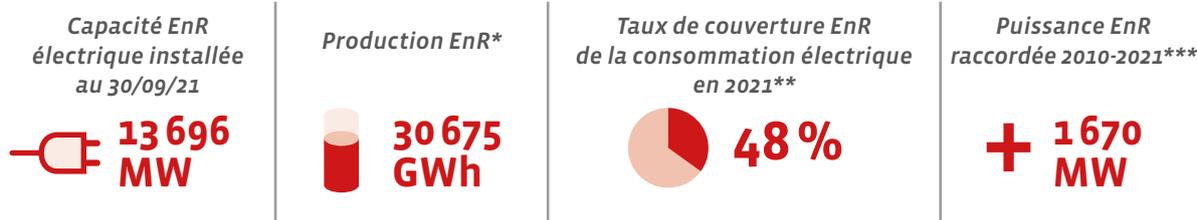
Note : Les données disponibles pour Mayotte n'étaient pas suffisantes pour pouvoir réaliser une fiche régionale.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

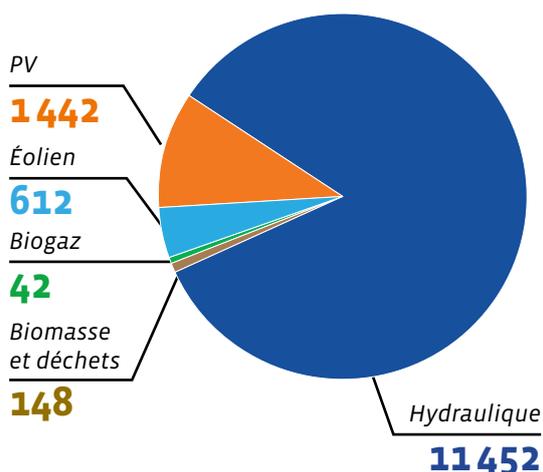
AUVERGNE RHÔNE-ALPES

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

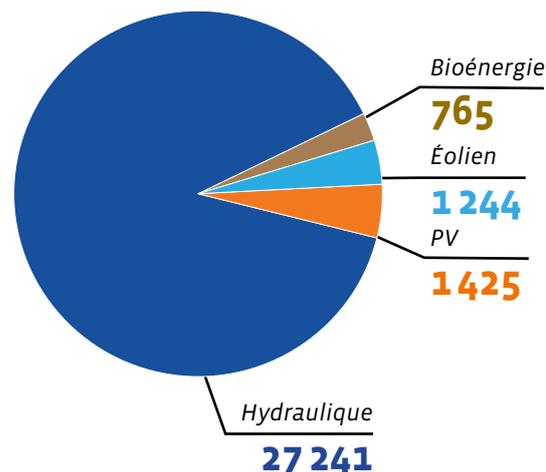


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2030

27 552 GWh

Objectif régional éolien 2030

4 807 GWh

Objectif régional PV 2030

7 149 GWh

 Gisement hydraulique 2050

14 700 MW

 Gisement éolien 2050

20 000 MW

 Gisement PV au sol 2050

6 100 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

46 000 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Auvergne Rhône-Alpes énergie-environnement

www.auvergnerhonealpes-ee.fr

Animation d'un centre de ressources et d'échanges, conseil et accompagnement des collectivités territoriales et des bailleurs sociaux dans le montage et le suivi d'opérations, accompagnement et mise en œuvre de programmes ou d'actions collectives sur le territoire.



Aduhme (Association pour un développement urbain harmonieux par la maîtrise de l'énergie¹)

www.aduhme.org

Promotion des énergies renouvelables et du développement durable : information, conseil, formation, accompagnement et expertise technique, veille juridique et technologique, etc.

¹. Plus connue sous le nom d'Agence locale des énergies et du climat.



Orcae (Observatoire régional climat air énergie)

www.orcae-auvergne-rhone-alpes.fr

Regroupant 3 observatoires existant dans la région, son rôle est de mettre à disposition des territoires des données fiables et des analyses aux niveaux régional et territorial. Il se veut également lieu d'échanges entre acteurs territoriaux et experts, sur les thématiques climat, air et énergie.



Le Réseau régional Auvergne Rhône-Alpes citoyennes et locales énergies (Auracle)

www.enrauvergnerhonealpes.org/projets-participatifs/le-reseau-regional-auvergne-rhone-alpes-citoyennes-et-locales-energies

Créé en 2013, le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.



Hespul

www.hespul.org

Association spécialisée dans le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique – Publication : "Rapport d'activité 2010".



OSER

enr-oser.fr

Société créée pour apporter des solutions de financement aux projets d'énergies renouvelables locaux.



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE



Tenerrdis (Technologies énergies nouvelles, énergies renouvelables, Rhône-Alpes, Drôme, Isère, Savoie et Haute-Savoie)

www.tenerrdis.fr

Pôle de compétitivité qui développe par l'innovation les filières industrielles des nouvelles technologies de l'énergie: solaire et bâtiment, gestion des réseaux et stockage, biomasse, hydrogène et piles à combustible, et hydraulique (microhydraulique, turbinage-pompage, énergie des mers).



Le Siel-Territoire d'énergie Loire

www.te42.fr

Société d'économie mixte créée en 2011 par le Syndicat intercommunal d'énergies du département de la Loire.



Énergie Rhône vallée

www.energie rhonevallee.com

Société d'économie mixte créée en 2011 par le Syndicat départemental d'énergies de la Drôme (Sded).



Syan'EnR

www.syane.fr

Société d'économie mixte créée en 2017 par le Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de Haute-Savoie.



Essprod

www.es-seyssel.com

Société d'économie mixte créée par le Syndicat d'énergie et services de Seyssel (ESS).



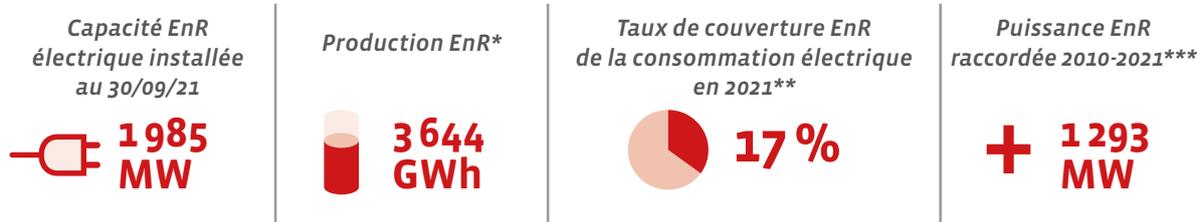
Retprod

www.ret.fr

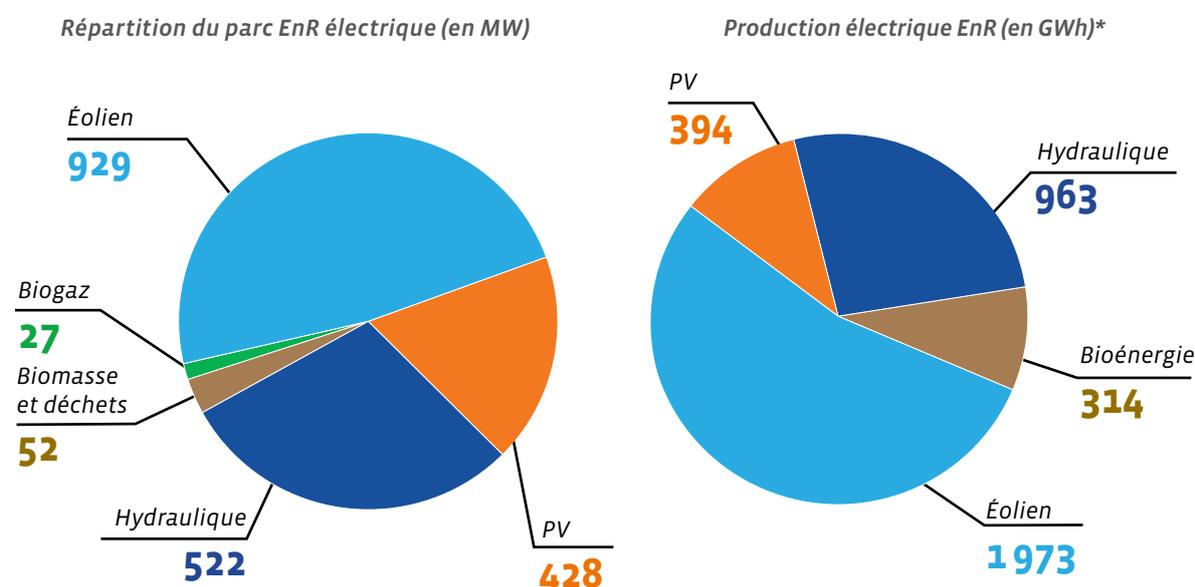
Société d'économie mixte créée par la Régie d'électricité de Thônes.

BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021



OBJECTIFS ET GISEMENTS



Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.
 ** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.
 *** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Alterre Bourgogne (Agence pour l'environnement et le développement soutenable¹)

www.alterrebourgognefranchecomte.org

Observation de l'environnement et évaluation de politiques publiques, accompagnement de porteurs de projets, développement de l'éducation et de la formation dans les domaines de l'environnement et du développement durable – "Chiffres 2010".

¹. A succédé à l'Oreb (Observatoire régional de l'énergie en Bourgogne).



Observatoire territorial énergie-climat-air de la région Bourgogne Franche-Comté

www.opteer.org

Portail d'information énergie, climat et air de Bourgogne Franche-Comté.



Nièvre énergie

www.nievre-energies.fr

Société d'économie mixte créée par le Syndicat intercommunal d'énergies, d'équipement et d'environnement de la Nièvre (SIEEEN).



Bourgogne Franche-Comté mobilité électrique

www.bfcme-asso.fr

Association de promotion du déplacement en véhicules électriques (voitures, vélos, deux-roues) sur le territoire, avec un fort axe pédagogique.



Côte-d'Or énergie

www.siceco.fr

Société d'économie mixte créée en 2016 par le Syndicat intercommunal d'électricité de Côte-d'Or (Siceco).

147



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



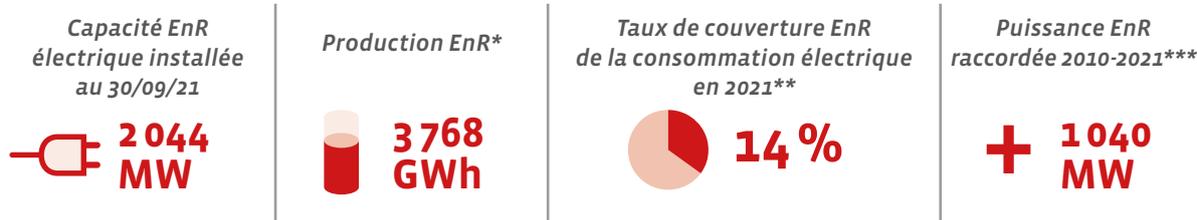
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

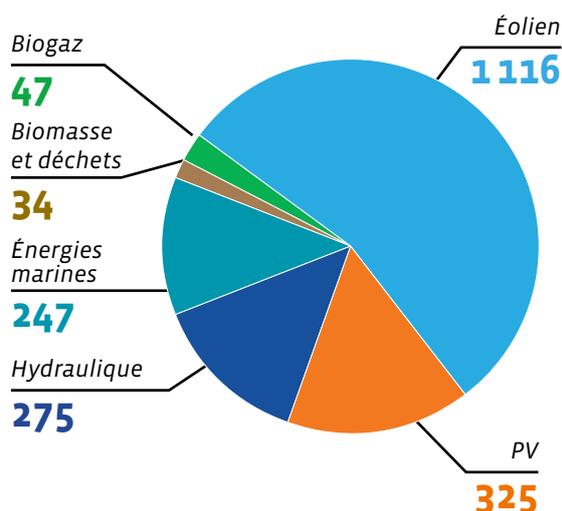
BRETAGNE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

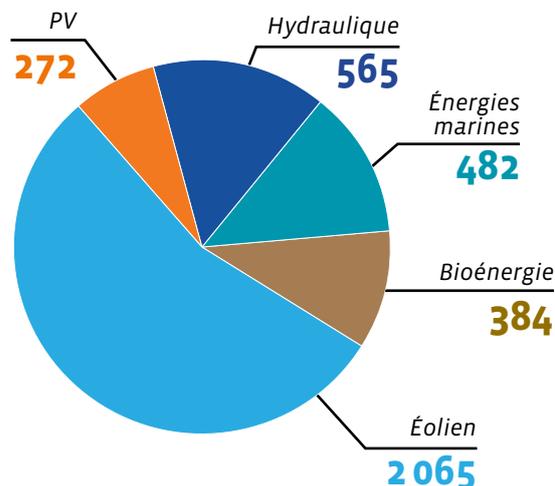


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



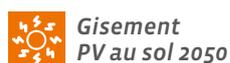
OBJECTIFS ET GISEMENTS



200 MW



29 500 MW



3 200 MW



22 800 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

**** Issue d'éolien terrestre et en mer.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Aile (Association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement)

www.aile.asso.fr

Aile, spécialisée dans la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables en milieu agricole et rural, développe un axe de travail transversal sur les politiques énergétiques à l'échelle du territoire.



Observatoire de l'environnement en Bretagne

www.bretagne-environnement.org

Organisme qui a pour mission d'accompagner la mise en œuvre des politiques publiques de l'environnement en Bretagne dans deux domaines d'actions: l'accès à la connaissance environnementale et l'observation.



Plan ambition climat énergie

www.ambition-climat-energie.bzh

Plan d'actions régionales concrètes pour lutter contre les émissions de gaz à effets de serre. Il propose des aides financières, des conseils, un accompagnement technique à tous types d'acteurs: collectivités locales, entreprises, particuliers.



Bretagne développement innovation

www.bdi.fr

Rassemblement d'acteurs pour travailler à des projets énergies renouvelables qui valorisent le territoire de la Bretagne.



Pôle de compétitivité mer Bretagne Atlantique

www.pole-mer-bretagne-atlantique.com
Développement d'une filière industrielle dans le secteur des énergies marines renouvelables à vocation internationale.



Taranis

www.reseau-taranis.fr

Le réseau Taranis fédère une cinquantaine de porteurs de projets – associations, sociétés d'exploitation coopératives et collectivités – ayant des projets éoliens, photovoltaïques, bois-énergie, micro-hydrauliques et de maîtrise de l'énergie en Bretagne.

149



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

PANORAMA RÉGIONAL



Eilan

www.sembreizh.fr

Filiale de la Sembreizh ayant pour mission d'investir, sur le territoire breton, dans toute entreprise réalisant des équipements ou infrastructures de production d'énergies renouvelables.



Liger

www.liger.fr

Associée à la ville de Locminé et à son territoire, la SEM Liger a créé un centre d'énergie renouvelable unique en Bretagne et en France pour renforcer sa démarche de développement durable. Les collectivités locales, les industriels fournisseurs de matières premières et clients du réseau de chaleur et quelques entreprises locales s'associent au projet pour le développement des énergies renouvelables.

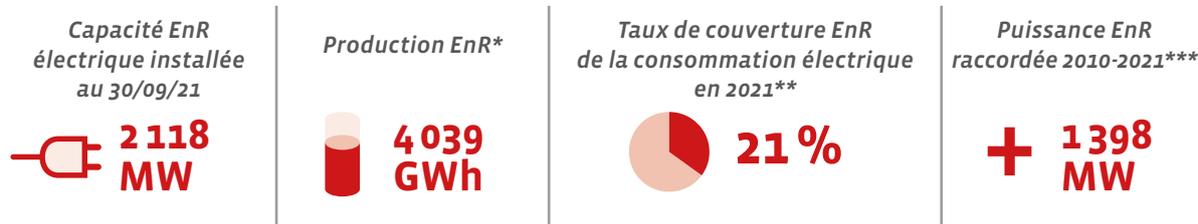
150

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

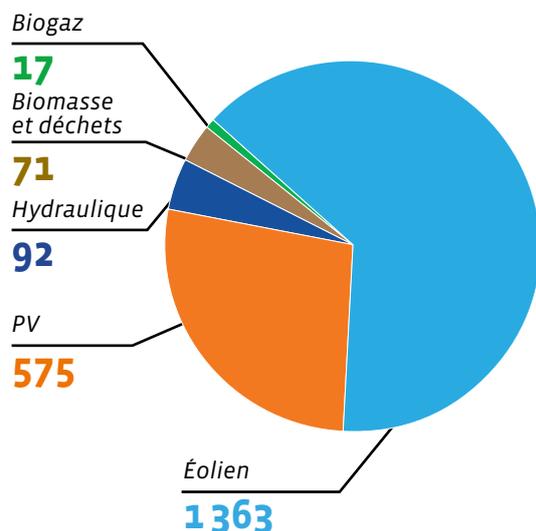
CENTRE-VAL DE LOIRE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

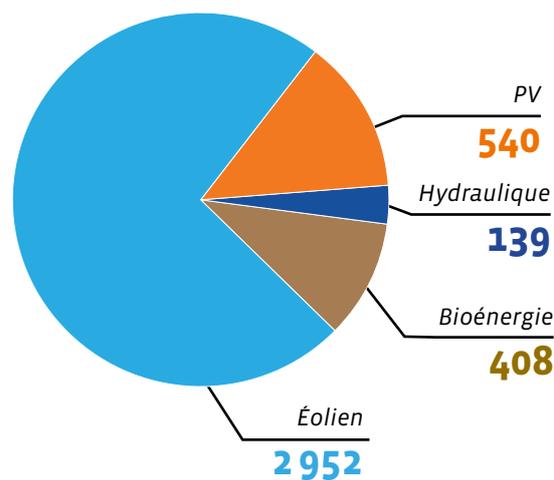


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2030

127 GWh

Objectif régional éolien 2030

8 233 GWh

Objectif régional PV 2030

2 383 GWh

 Gisement hydraulique 2050

100 MW

 Gisement éolien 2050

13 900 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 200 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

19 900 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire régional de l'énergie et des gaz à effet de serre de Centre-Val de Loire (Oreges)

www.observatoire-energies-centre.org

Recense, analyse et exploite les données énergétiques régionales et accompagne les politiques publiques.



Énergie partagée en Centre-Val de Loire

www.energie-partagee.org/monter-projet/se-faire-accompagner/les-reseaux-regionaux/energie-partagee-centre-val-de-loire/

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.



ENR Centre-Val de Loire

www.sieil37.fr

Société d'économie mixte créée en 2014 par le Syndicat intercommunal d'énergie d'Indre-et-Loire (Sieil).



S2E2 Smart Electricity Cluster

www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



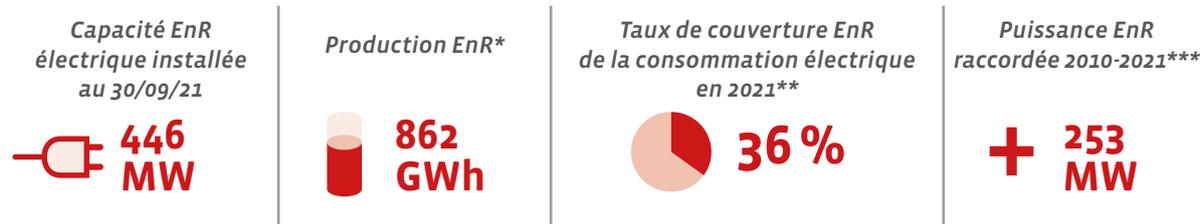
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

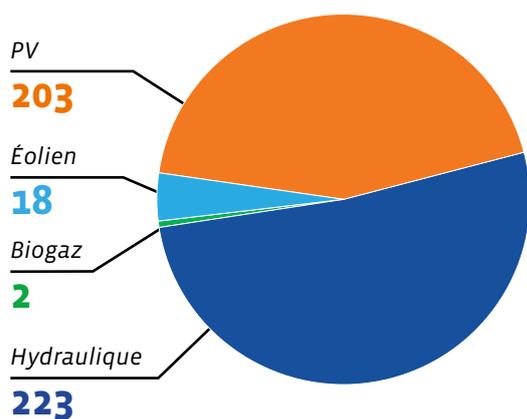
CORSE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

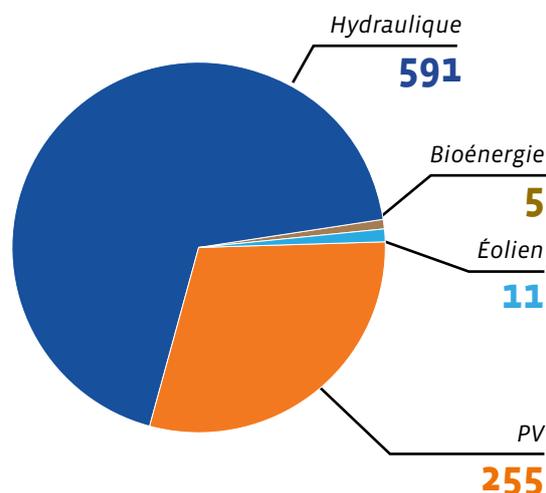


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS* ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2030

653 GWh

Objectif régional éolien 2030

60 GWh

Objectif régional PV 2030

145 GWh
(Objectif atteint)

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Office de l'environnement de la Corse (OEC) – Direction déléguée à l'énergie (DDEN)

www.oec.fr

Suivi et mise en œuvre de l'ensemble de la politique énergétique régionale. Le conseil exécutif de Corse a créé une direction déléguée à l'énergie, équipe pluridisciplinaire dimensionnée pour conduire l'ensemble des chantiers programmés.



Capenergies

www.capenergies.fr

Pôle de compétitivité rassemblant 400 acteurs positionnés sur le développement de systèmes énergétiques permettant de fournir des solutions de remplacement des énergies fossiles. Ce pôle a été réalisé en commun avec la région Corse.



L'Observatoire régional de l'énergie et des gaz à effet de serre de Corse (Oreges)

www.aue.corsica/L-Observatoire-Regional-de-l-Energie-et-des-Gaz-a-Effet-de-Serre-OREGES-de-Corse_a4.html

Outil collaboratif d'analyse et d'échanges de connaissances. Il a pour objectifs d'améliorer et développer la connaissance de la situation régionale et infra-régionale en termes de consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre, et d'accompagner les politiques énergétiques régionales en développant des outils d'analyse et d'aide à la décision.

154



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



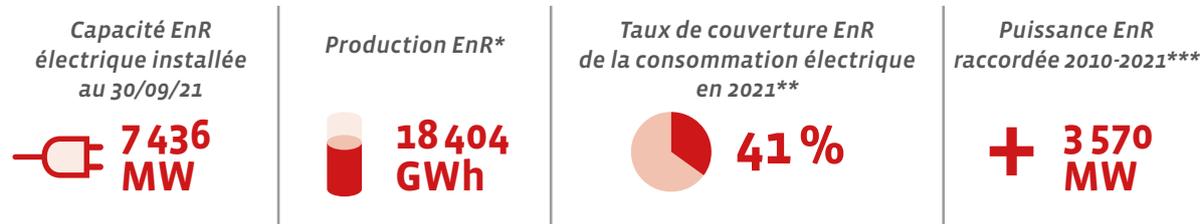
Réseaux citoyens

Observ'ER

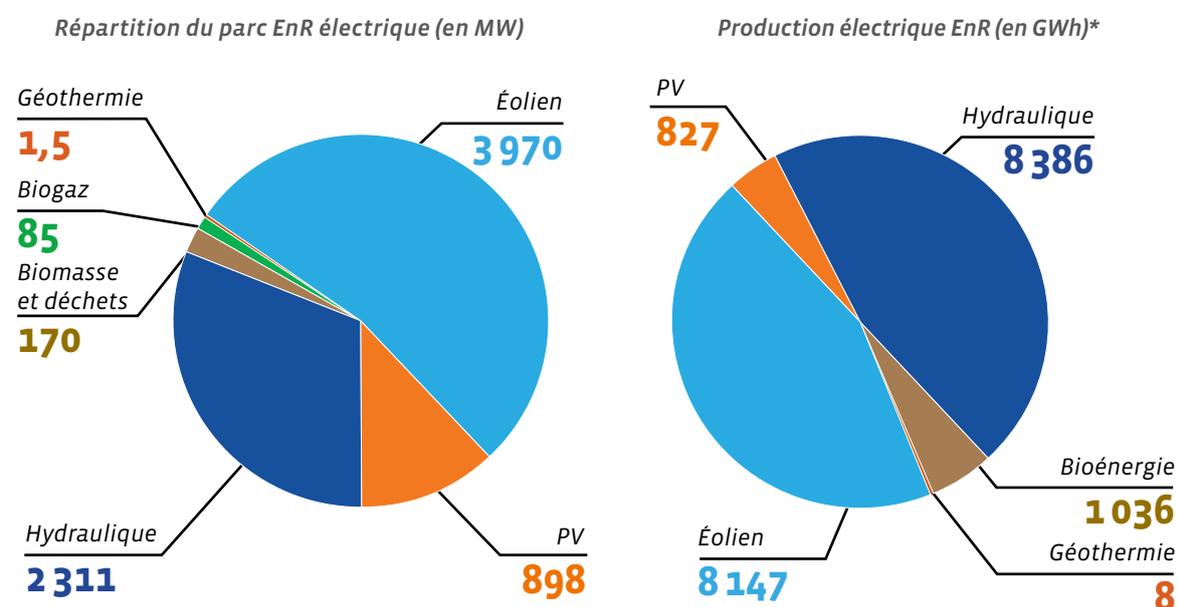
Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

GRAND EST

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021



OBJECTIFS ET GISEMENTS



Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire bois-énergie Grand Nord Est

www.valeur-bois.com

Observatoire sur le marché régional du bois énergie et de son évolution en termes de production et de consommation.



Observatoire climat-air-énergie du Grand Est

www.observatoire.atmo-grandest.eu

Animé par Atmo Grand Est, l'Observatoire vise à fournir les indicateurs du Sradet et à développer les expertises relatives aux profils climat-air-énergie de la région.



Ale (Agence locale de l'énergie et du climat)

www.aleo8.org

Services pour la prise en compte de la maîtrise de l'énergie dans toutes les actions entreprises. Agence pour le seul département des Ardennes, pas d'agence régionale.



Grand Est mobilité électrique www.grandestmobelec.org

Association créée en juin 2018 pour accompagner le développement de la mobilité électrique dans la région en mettant en coopération des acteurs du territoire et en constituant un relais de compétences pour ceux souhaitant mettre en place des projets.



Pôle de compétitivité Fibre- Energivie

www.fibres-energivie.eu/fr

Né de la fusion en 2015 des pôles Alsace-Energivie et Fibres, il accompagne des projets collaboratifs structurants dans le domaine de l'efficacité énergétique. Notamment la production de documents pour la promotion des énergies renouvelables dans le bâtiment.



SEBL (Société d'économie mixte du bassin lorrain) – Grand Est énergies nouvelles

www.sebl.fr

Société d'équipement qui s'est dotée d'un volet dédié aux énergies renouvelables et qui apporte un soutien financier aux projets.

156



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement
régionaux



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



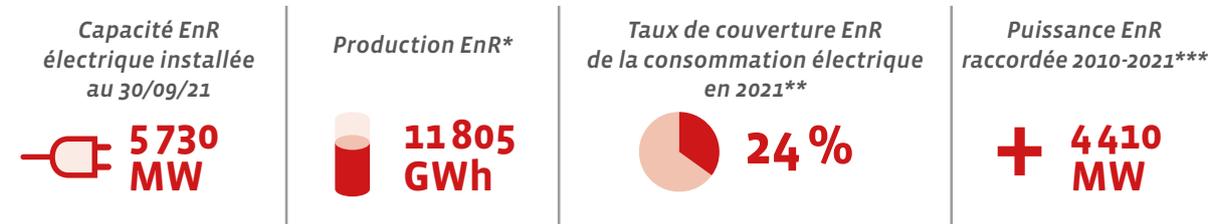
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

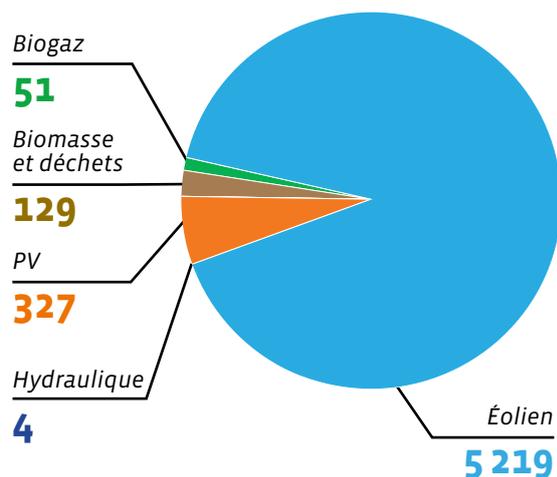
HAUTS-DE-FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

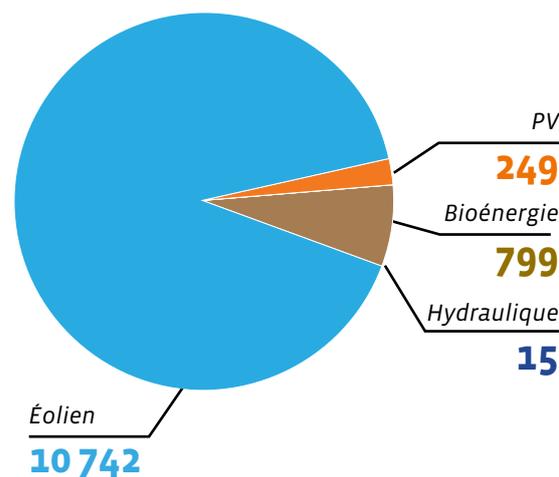


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2031

60 GWh

Objectif régional éolien 2031

7 827 GWh

Objectif régional PV 2031

1 778 GWh

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

10 800 MW

 Gisement PV au sol 2050

2 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

31 800 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Centre ressource du développement durable (CERDD)

www.cerdd.org

L'observatoire a pour mission de collecter les données et fournir les chiffres nécessaires à la prise de décision, d'aider à suivre les politiques publiques et de constituer un espace d'échange et d'animation pour le réseau des acteurs de l'observation autour de l'énergie et du climat.



Observatoire climat des Hauts-de-France

www.observatoireclimat-hautsdefrance.org

L'Observatoire climat des Hauts-de-France est porté par le CERDD. Ses missions sont d'orienter, d'inciter, de mettre en œuvre et d'explorer toute démarche visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'adapter ses territoires aux changements futurs.



Mouve

mouve.univ-lille.fr

Projet lancé par des enseignants-chercheurs de l'Université de Lille qui s'intéressent au déploiement de l'infrastructure de charge pour les véhicules électriques, mêlant sciences sociales et technologies.



Pass pass électrique

www.passpasselectrique.fr

Pass pass électrique est un service de recharge pour les véhicules électriques de la région. Les abonnés disposent d'une carte Pass pass qui leur permet non seulement d'utiliser les transports en commun, mais également de recharger un véhicule électrique, la facture étant reçue en fin de mois dans un espace sécurisé.



Cap 3RI

www.cap3ri.com

Société d'investissement dédiée à la troisième révolution industrielle. Une partie du fonds régional est spécifiquement orientée vers les énergies renouvelables.



Cigales

www.cigales-hautsdefrance.org

Réseau d'investisseurs citoyens pour une économie locale solidaire.



SEM énergies Hauts-de-France

www.energies-hdf.fr

Outil de développement régional qui accompagne le déploiement du 1^{er} pilier de la troisième révolution industrielle, le passage aux énergies renouvelables, et duplique par conséquent la stratégie régionale en la matière.

158



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



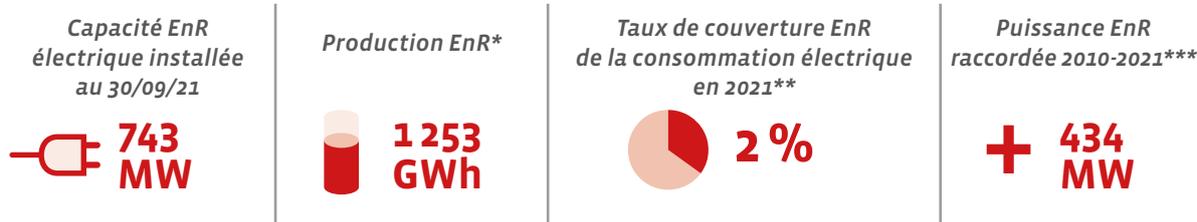
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

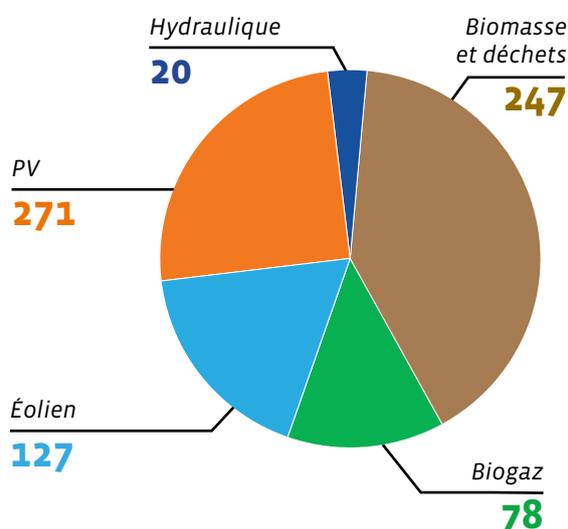
ÎLE-DE-FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

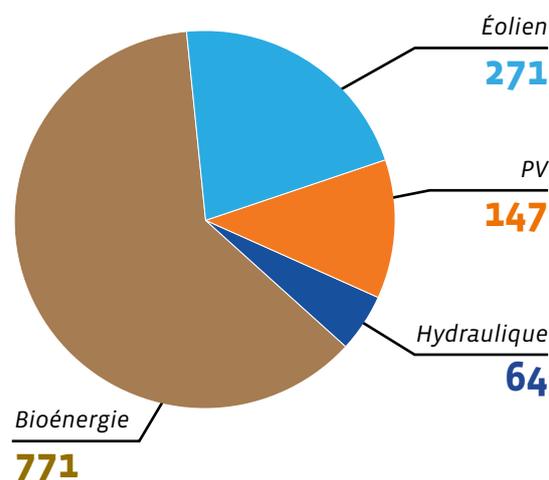


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2050

213 GWh

Objectif régional éolien 2050

2 700 GWh

Objectif régional PV 2050

9 550 GWh

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

4 500 MW

 Gisement PV au sol 2050

1 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

27 200 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Réseau d'observation statistique de l'énergie (Rose)

www.roseidf.org

Panorama énergétique d'Île-de-France et bonnes pratiques en matière d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables – "Données 2009".



Agence régionale énergie-climat (Arec)

www.arec-idf.fr

Organisme associé à l'Institut Paris Région participant à la mise en œuvre du développement en Île-de-France. L'Arec Île-de-France a pour objectif de faciliter et d'accélérer la transition énergétique et l'adaptation au changement climatique en assistant les collectivités et autres acteurs franciliens.



Belib'

www.belib.paris

Réseau de bornes de recharge déployé à Paris. Un badge permet d'accéder à la recharge, déclinée en différentes puissances et donc différents temps de charge.



Énergie partagée en Île-de-France

www.energie-partagee.org/monter-projet/se-faire-accompagner/les-reseaux-regionaux/energie-partagee-ile-de-france/

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.



Cap Digital & Advancity

<https://advancity.capdigital.com/>

Intégré à Cap Digital en 2018, Advancity a pour vocation de permettre aux entreprises, aux établissements d'enseignement supérieur et de recherche et aux collectivités territoriales de coopérer sur des projets collaboratifs innovants. Un des volets d'Advancity est consacré aux filières géothermie basse et moyenne énergie.



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France



SipENR

www.sipenr.fr

Société d'économie mixte créée en 2014 par le syndicat francilien Syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour les énergies et les réseaux de communication (Sipperec).

LES RÉGIONS À LA LOUPE



Bi-métha 77

www.sdesm.fr/qui-sommes-nous/nos-societes-deconomie-mixte-sem/bi-metha-77

Société d'économie mixte créée en 2016 par le Syndicat départemental des énergies de Seine-et-Marne (SDESM).



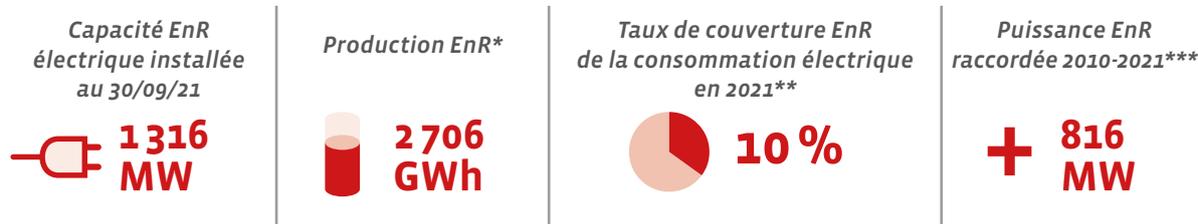
Île-de-France Énergies

www.iledefranceenergies.fr

Île-de-France Énergies accompagne les copropriétés et les organismes de logement social (OLS) dans les différentes étapes d'un projet de rénovation énergétique ambitieux: organisation et montages technique, juridique et financier du projet de A à Z.

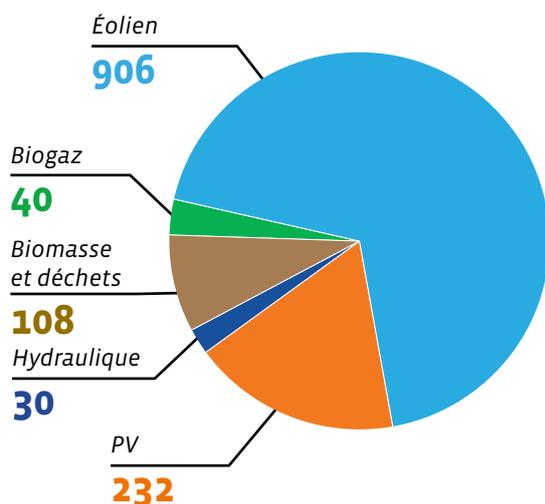
NORMANDIE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

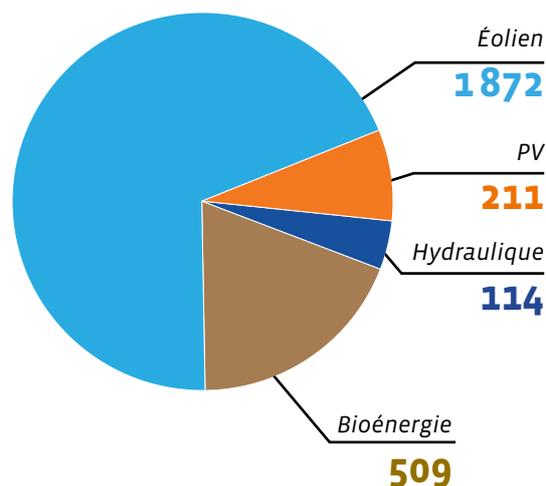


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional autres EnR 2030*****

1 526 GWh

Objectif régional éolien 2030****

11 800 GWh

Objectif régional PV 2030

600 GWh

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

20 900 MW

 Gisement PV au sol 2050

1 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

20 600 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

**** Issu d'éolien terrestre et en mer.

***** Issues de centrales hydrauliques et d'énergies marines.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie (Are)

www.are-normandie.fr

Initiative du conseil régional pour la promotion du développement durable via l'information et la sensibilisation du public, également outil privilégié de dialogue entre tous ces acteurs.



Observatoire régional énergie climat air de Normandie

www.orecan.fr

Suivi de l'évolution des facteurs énergétiques et climatiques, lancement d'une dynamique partenariale territoriale et accompagnement des politiques régionales et locales.



Biomasse Normandie

www.biomasse-normandie.org

Suivi de l'évolution du nombre d'installations et de leur localisation, et établissement des indicateurs techniques, économiques et environnementaux.



La Fabrique énergétique

www.maisondelenergie.fr

Association de promotion, d'information et de formation sur la thématique de la transition énergétique dans le Calvados.



Terra énergies

www.terra-energies.fr

Accompagnement financier à moyen et long termes de projets avec des exigences modérées comparées à celles du marché.



West énergies

www.caissedesdepots.fr/creation-de-la-sem-west-energies-dediee-aux-energies-renouvelables-dans-la-manche

West énergies a pour objectif d'être un acteur privé-public, rationalisé et décentralisé de la production et de la gestion de l'énergie sur le territoire de la Manche et de positionner celui-ci dans le mix énergétique de demain.

163



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



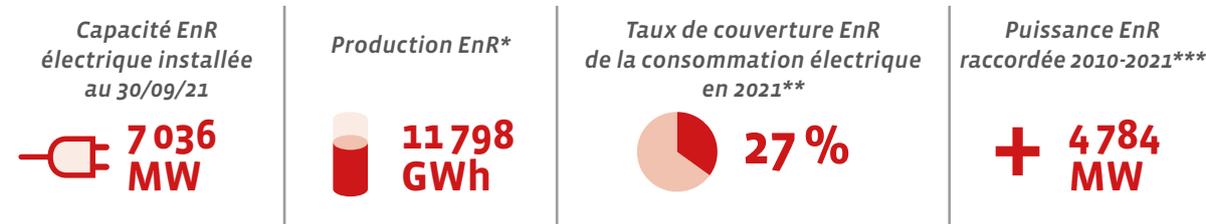
Réseaux citoyens

Observ'ER

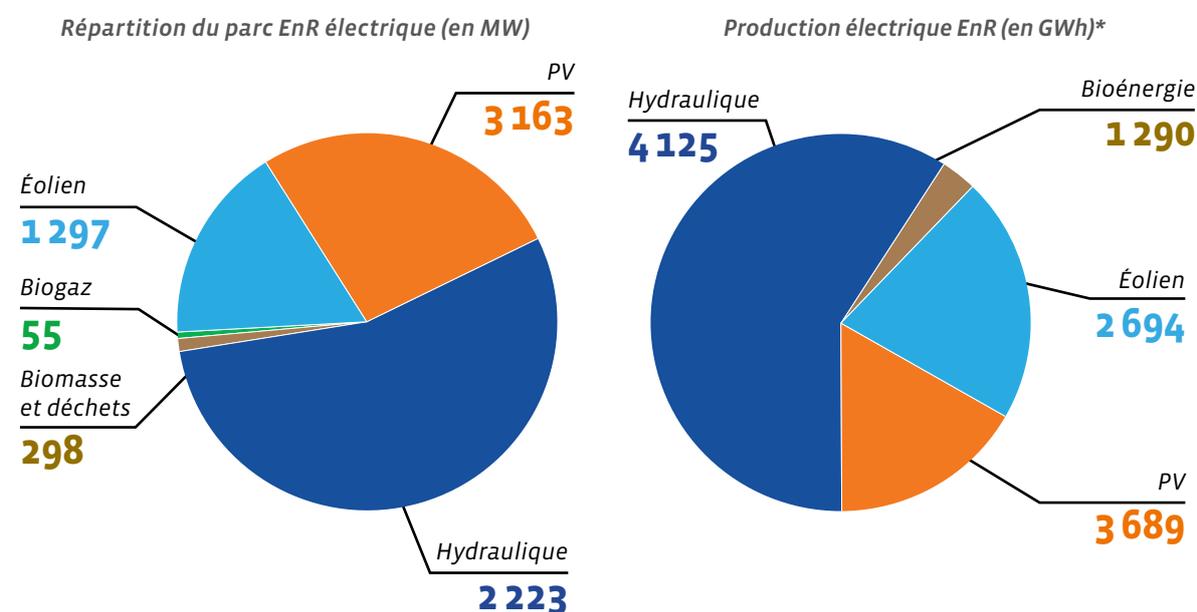
Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

NOUVELLE-AQUITAINE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021



OBJECTIFS ET GISEMENTS



Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

**** Issu d'éolien terrestre et en mer.

***** Issues de centrales hydrauliques et d'énergies marines.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Agence régionale d'évaluation environnement et climat

Poitou-Charentes (ArecPC)

www.arecpc.com

Tableaux de bord, bilans et chiffres de synthèse sur l'énergie, les déchets et les gaz à effet de serre en région.



Observatoire régional énergie gaz à effet de serre (Oreges)

www.arecpc.com

Observatoire abrité par l'ArecPC. État des lieux des énergies renouvelables en région. État des lieux sectoriel des consommations énergétiques et des projections à différents horizons : consommation d'énergie, développement des énergies renouvelables et évitement des gaz à effet de serre.



Observatoire régional de l'environnement Poitou-Charentes (Ore)

www.observatoire-environnement.org

Plateforme de communication qui assure des missions d'intérêt général liées à l'information des publics et apporte une aide à la décision en matière d'environnement.



Cirena

www.cirena.fr

Citoyens en réseau pour des EnR en Nouvelle-Aquitaine. Le réseau est porté par la société coopérative Enercoop Aquitaine. Depuis juin 2016, il se structure pour permettre l'émergence de projets citoyens dans toute la région.



Mobive

www.mobive.fr

Programme de déploiement de bornes de recharge dans cinq départements de la région. L'objectif est un réseau de 700 bornes de recharge en service à la fin de 2018. Une application permet de géolocaliser les bornes disponibles.



Avenia

www.pole-avenia.com

Pôle de compétitivité des géosciences pour l'énergie et l'environnement. L'objectif d'Avenia est d'impulser une dynamique technologique et économique en capitalisant sur les compétences des acteurs régionaux des géosciences et du génie pétrolier. Un volet est consacré à la géothermie haute, basse et moyenne énergie.

165



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement
régionaux



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France



S2E2 Smart Electricity Cluster

www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



3D ÉNERGIES

www.3denergies.fr

Société d'économie mixte créée en 2012 par le Syndicat intercommunal d'énergie des Deux-Sèvres (Sieds).



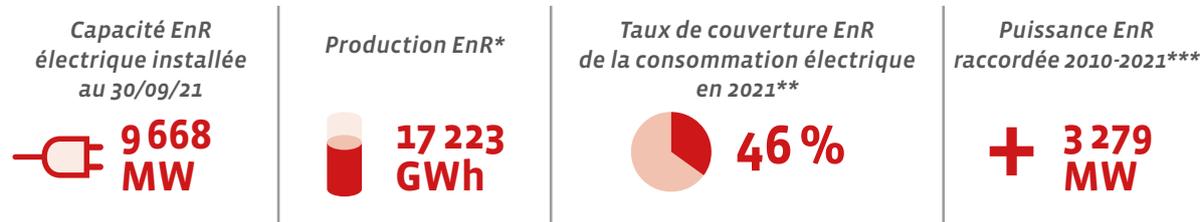
SEM Sergies

www.sergies.fr

Société d'économie mixte créée en 2001 par le Syndicat d'énergie de la Vienne (Énergies Vienne).

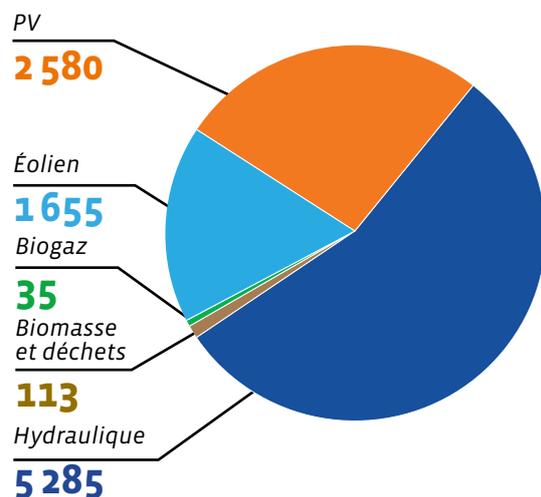
OCCITANIE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

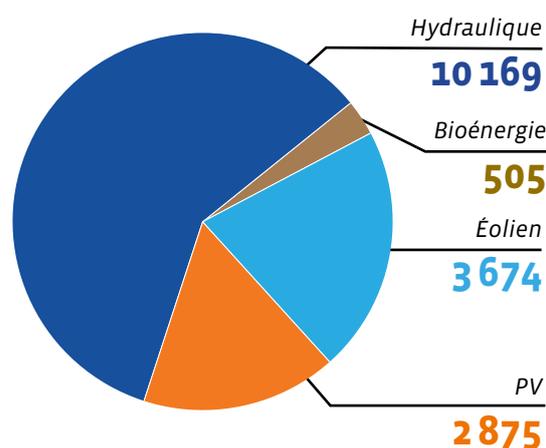


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS *****

Objectif régional hydraulique 2030

-

Objectif régional éolien 2030 ****

4 900 MW

Objectif régional PV 2030

6 300 MW

6 400 MW Gisement hydraulique 2050

22 400 MW Gisement éolien 2050

9 000 MW Gisement PV au sol 2050

40 200 MW Gisement PV sur toiture 2050

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

**** Issu d'éolien terrestre et en mer.

***** Contrairement aux autres régions qui fixent des objectifs en termes de production, le Srdet Occitanie fixe uniquement des objectifs en termes de puissance installée.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Arec Occitanie, Agence régionale énergie climat

www.arec-occitanie.fr

L'Arec accompagne les collectivités dans la lutte contre le changement climatique, la réduction de la précarité énergétique et le développement des énergies renouvelables.



Observatoire régional de l'énergie en région Occitanie (Oreo)

www.arec-occitanie.fr/observatoire-regional-de-lenergie-en-occitanie.html

L'Observation est un outil d'observation et d'information sur la situation énergétique régionale, un lieu de concertation entre les acteurs régionaux de l'énergie, doté d'une capacité de proposition.



Révéo

www.reveocharge.com/fr

Réseau de 1000 bornes de charge électrique pour véhicules, déployé en Occitanie. Propose un abonnement afin de jouir d'un tarif préférentiel pour la recharge de véhicules électriques.



Pôle de compétitivité Derbi (Développement des énergies renouvelables dans le bâtiment et l'industrie)

www.pole-derbi.com

Développer, aux niveaux régional, national et international, l'innovation, la recherche, la formation, le transfert de technologie, le développement et la création d'entreprises dans le domaine des énergies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie.



MPEI (Midi-Pyrénées énergies infrastructures)

Société créée pour apporter des solutions de financement aux projets d'énergies renouvelables locaux.



Catalis

www.catalis.coop

Premier incubateur d'innovation sociale. Sa vocation est de faire émerger et d'accompagner des projets innovants dans le domaine de l'économie sociale et solidaire sur l'ensemble du territoire d'Occitanie, hors l'agglomération toulousaine, qui dispose de son propre dispositif.



EC'LR

www.ec-lr.org

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.

168



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



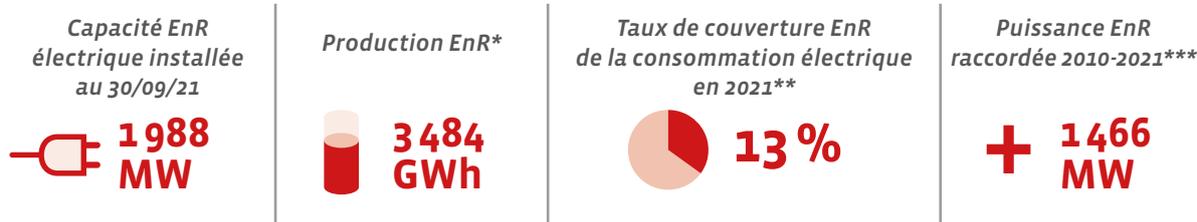
Réseaux citoyens

Observ'ER

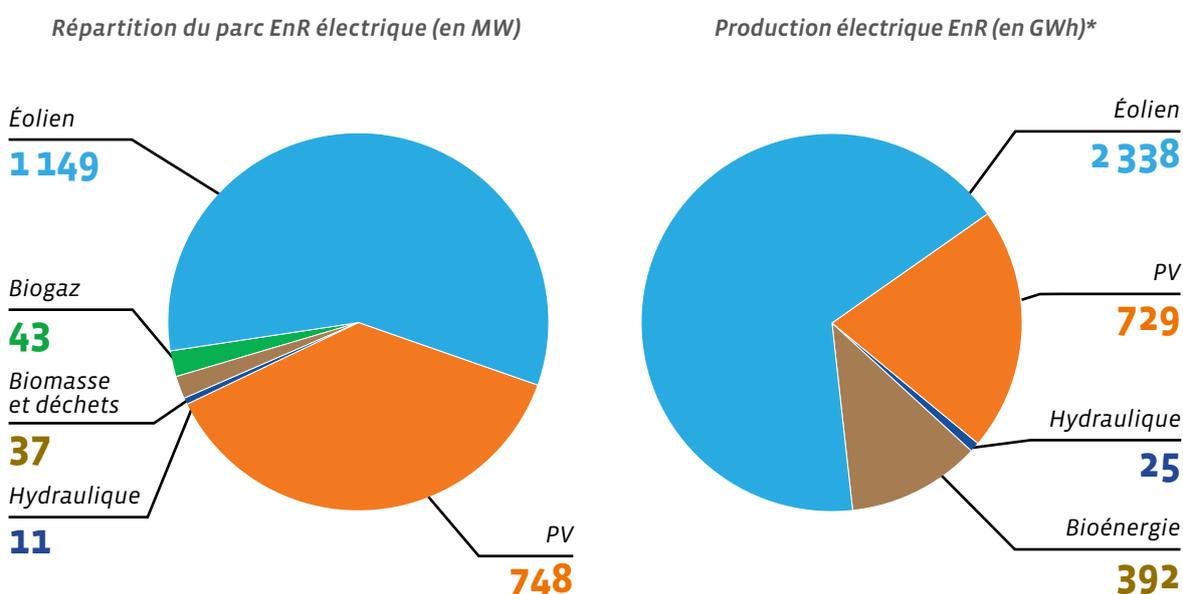
Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

PAYS DE LA LOIRE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021



OBJECTIFS ET GISEMENTS



Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

**** Issu d'éolien terrestre et en mer.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Transition écologique observatoire Pays de la Loire (Téo)

www.teo-paysdelaloire.fr

La création de cette structure fait suite à trois ans d'activité du Dispositif régional d'observation partagée de l'énergie et du climat (Dropec). Elle suit la situation énergétique et climatique de la région des Pays de la Loire. C'est un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre des politiques locales et régionales de l'énergie et du climat et pour sensibiliser les populations aux enjeux climatiques et énergétiques. Il formalise, par une gouvernance commune, la mutualisation de moyens humains de la Dreal, de la région, de l'Ademe et d'Air Pays de la Loire sur l'observation.



Atlansun

www.atlansun.fr

Association de représentation de la filière solaire. Elle regroupe les entreprises et les acteurs du solaire du grand Ouest souhaitant contribuer au développement de la filière. Son but est l'amélioration de la compétitivité et de la performance des entreprises et des membres de l'association.



S2E2 Smart Electricity Cluster

www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



Neopolia

www.emr.neopolia.fr/neopolia-emr

Cluster d'entreprises réunies pour travailler ensemble sur les demandes du marché des technologies renouvelables.



Énergies citoyennes en Pays de la Loire

www.energie-partagee.org/monter-projet/se-faire-accompagner/les-reseaux-regionaux/le-reseau-energie-citoyenne-en-pays-de-la-loire

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.

170



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement
régionaux



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE



Vendée énergie

www.sydev-vendee.fr/transition-energetique/les-energies-renouvelables/vendee-energie

Société d'économie mixte créée en 2012 par le Syndicat départemental d'énergie et d'équipement de la Vendée (Sydev).



Anjou énergies renouvelables (SEM AER)

www.aer49.fr

Société d'économie mixte créée en 2010 par le Syndicat intercommunal d'énergies du Maine-et-Loire (SIEML).



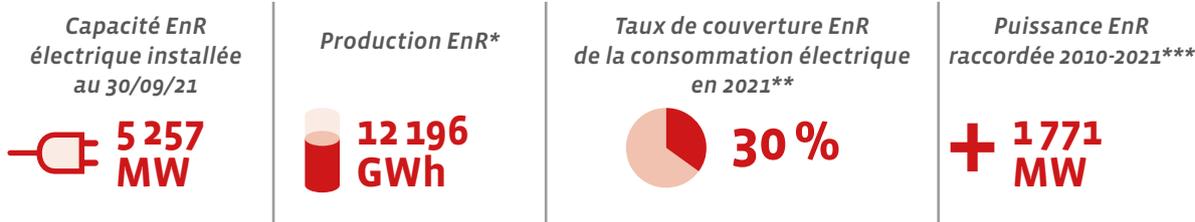
Alter énergies

www.anjouloireterritoire.fr

Alter énergies investit dans les énergies renouvelables en exploitant des centrales photovoltaïques et en développant l'éolien.

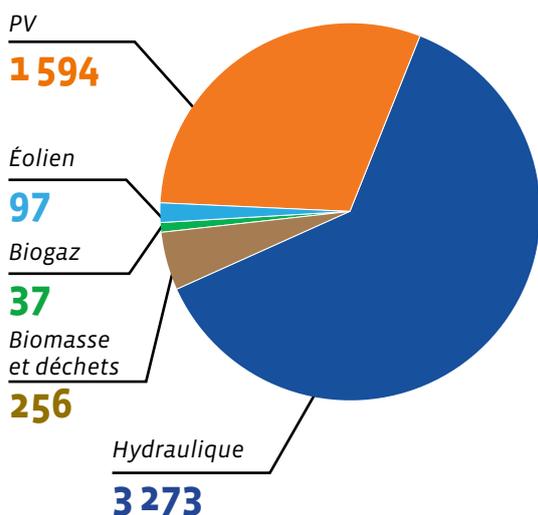
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

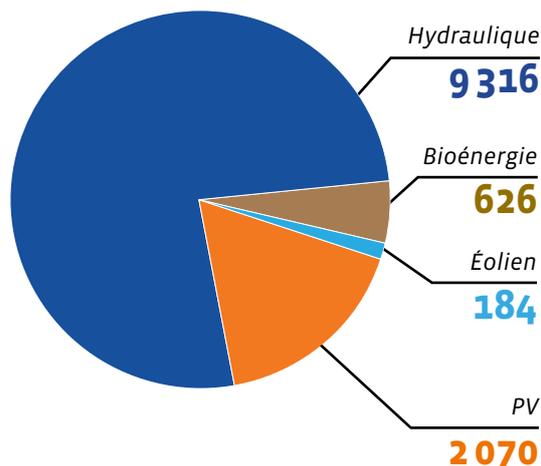


PUISSANCES ET PRODUCTION AU 30 SEPTEMBRE 2021

Répartition du parc EnR électrique (en MW)



Production électrique EnR (en GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif régional hydraulique 2030

9 070 GWh

Objectif régional éolien 2030 ****

5 547 GWh

Objectif régional PV 2030

15 023 GWh

Gisement hydraulique 2050

3 200 MW

Gisement éolien 2050

16 700 MW

Gisement PV au sol 2050

3 200 MW

Gisement PV sur toiture 2050

22 200 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

*** Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Taux de couverture au 30 septembre 2021 sur les 12 mois précédents.

**** Issu d'éolien terrestre et en mer.

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Agence régionale pour l'environnement (Arpe-ARB)

www.arpe-arb.org

Accompagnement des territoires pour qu'ils réussissent leur transition écologique, grâce à la préservation et à la reconquête de la biodiversité. Initiation et accompagnement au montage de projets environnement, étude et validation de nouveaux procédés d'intervention pour sensibiliser, informer et animer.



Observatoire régional de l'énergie (Oreca)

<https://oreca.maregionsud.fr>

Bilan énergétique régional (tableau de bord), réalisation d'études spécifiques, soutien aux structures (collectivités, bureaux d'études, associations...), recherche de données statistiques sur l'énergie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.



Pôle de compétitivité mer Méditerranée

www.polemermediterranee.com

Le pôle mer entend établir en région Provence-Alpes-Côte d'Azur un pôle d'excellence pour les entreprises et les centres de recherche et de formation, avec le bassin méditerranéen comme territoire d'expérimentations, dont celles spécialisées dans les énergies marines renouvelables.



Énergie partagée en Provence-Alpes-Côte d'Azur

www.energie-partagee.org/monter-projet/se-faire-accompagner/les-reseaux-regionaux/provence-alpes-cotes-dazur-territoire-pilote-de-laccompagnement-local-denergie-partagee

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.



Sem Seve (Soleil, eau, vent, énergie)

www.seveenergierenouvelable.fr

Société d'économie mixte créée en 2011 par la commune de Puy-Saint-André (Hautes-Alpes).

173



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



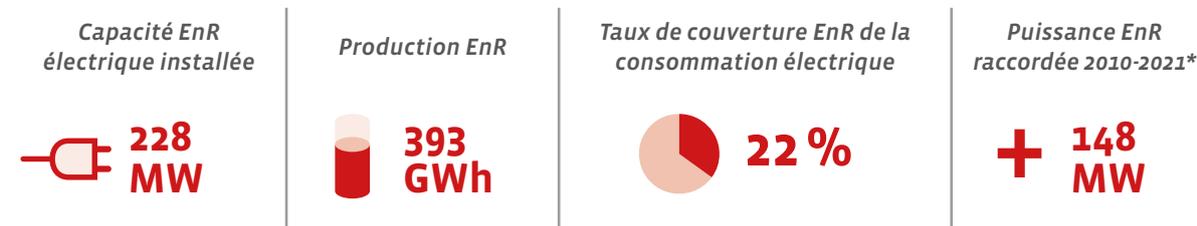
Réseaux citoyens

Observ'ER

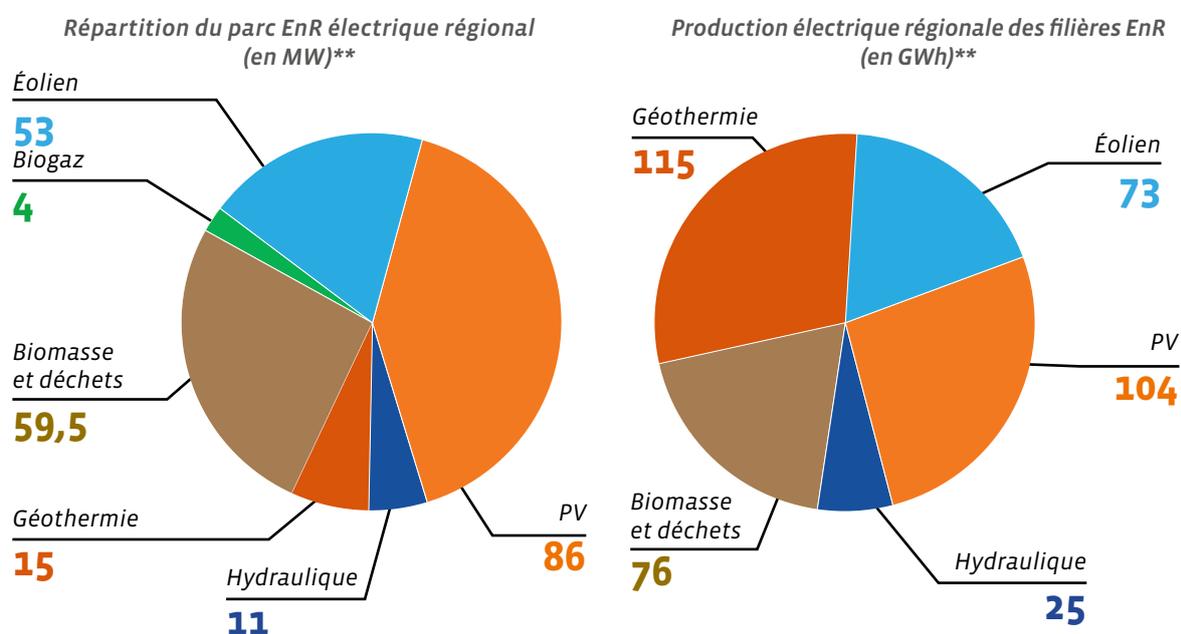
Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

GUADELOUPE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION



OBJECTIFS RÉGIONAUX

Objectif régional hydraulique 2020

14 MW

Objectif régional éolien 2020

66 MW

Objectif régional PV 2020

90 MW

* Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Chiffres 2020.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Politique énergétique en région Guadeloupe

www.guadeloupe-energie.gp



Observatoire régional de l'énergie et du climat (Orec)

www.guadeloupe-energie.gp

Observatoire au service des politiques publiques, notamment lors de l'élaboration et de la révision des documents de planification régionaux (Prerure, SRCAE, Srit, PCET, etc.) ainsi que lors des contractualisations territoriales (programme opérationnel Feder 2014-2020, contractualisation État-Ademe-région-département).



Drive

www.guadeloupe-energie.gp/2018/06/19/inauguration-du-dispositif-de-recharge-dedf-d-r-i-v-e/

Inauguré en juin 2018, Drive est un programme de déploiement de bornes de recharge électrique alimentées par du photovoltaïque, mené par EDF Archipel Guadeloupe.



Guadeloupe ENR

www.symeg.net

Développée en 2015 à l'initiative du Sy.MEG (Syndicat mixte d'électricité de la Guadeloupe), la société d'économie mixte Guadeloupe EnR développe des projets de type éolien, photovoltaïque, biogaz ou encore géothermique dans le but de doter la Guadeloupe d'un outil administratif, économique et scientifique pour accompagner la transition énergétique.



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement
régionaux



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

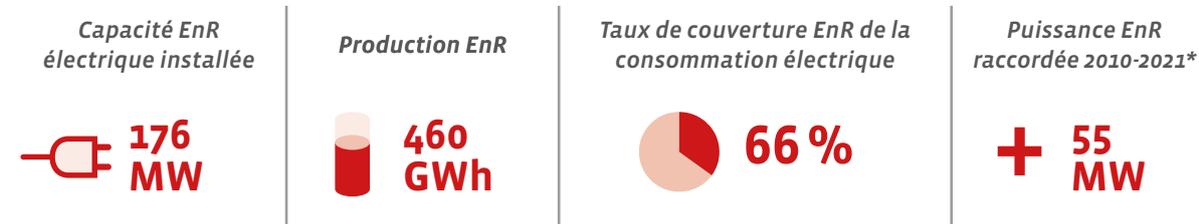
Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

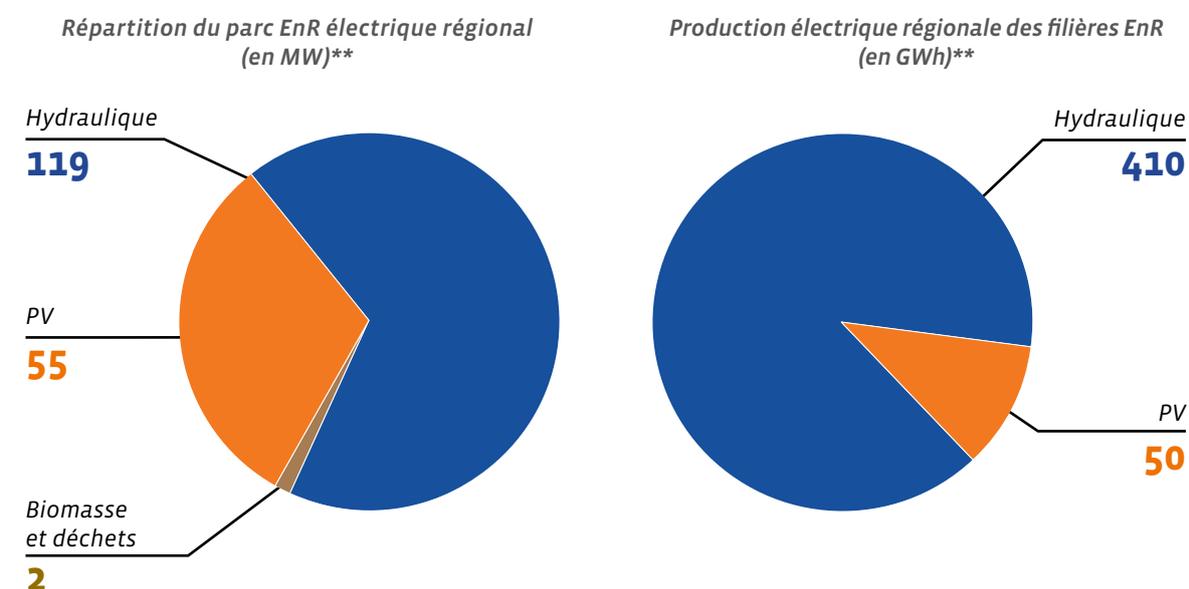
LES RÉGIONS À LA LOUPE

GUYANE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION



OBJECTIFS RÉGIONAUX



* Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Chiffres 2019.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Association Guyane énergie-climat (GEC)

www.graineguyane.org/annuaire/guyane-energie-climat-gec

La GEC participe à la connaissance de la situation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre de Guyane. Elle centralise les données énergies-climat et facilite leur mise à disposition auprès des acteurs régionaux.

177



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



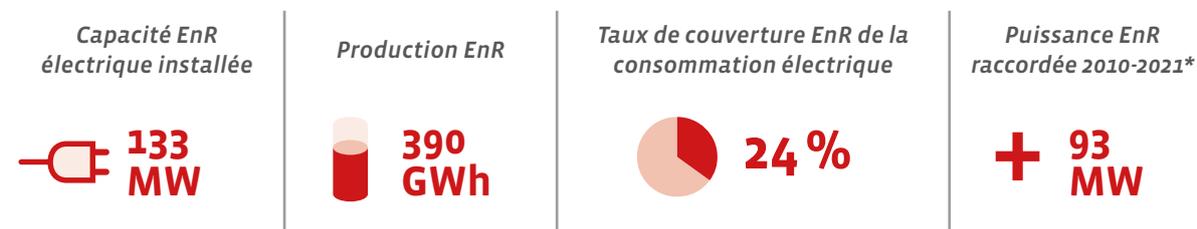
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

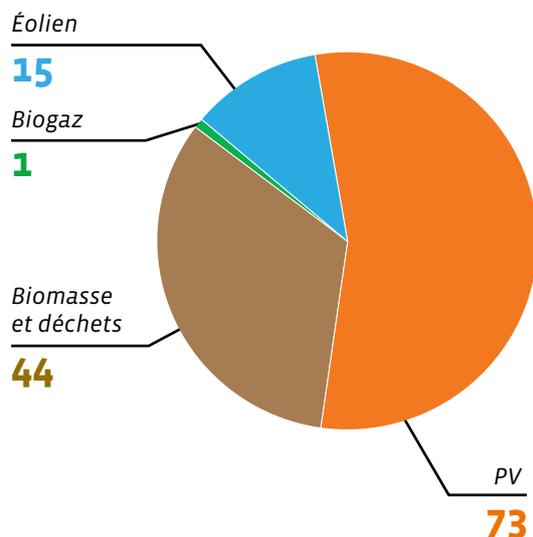
MARTINIQUE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

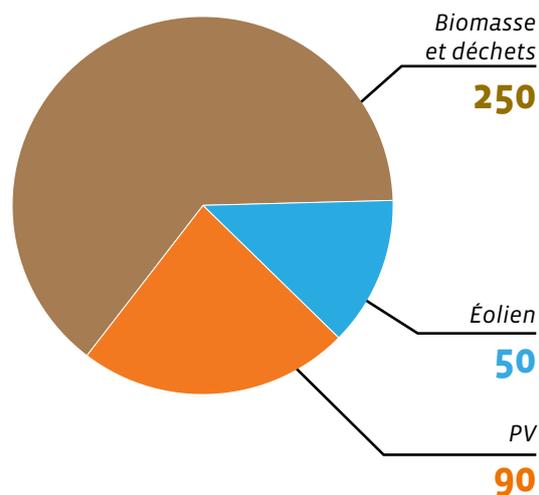


PUISSANCES ET PRODUCTION

Répartition du parc EnR électrique régional (en MW)**



Production électrique régionale des filières EnR (en GWh)**



OBJECTIFS RÉGIONAUX

Objectif régional hydraulique 2020

0,5 MW

Objectif régional éolien 2020

40 MW

Objectif régional PV 2020

130 MW

* Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Chiffres 2019.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Transition énergétique Martinique

www.transitionenergetiquemartinique.mq

Outil d'aide au pilotage pour atteindre les objectifs d'autonomie énergétique fixés et de transition énergétique de l'île de la Martinique.

179



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement
régionaux



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



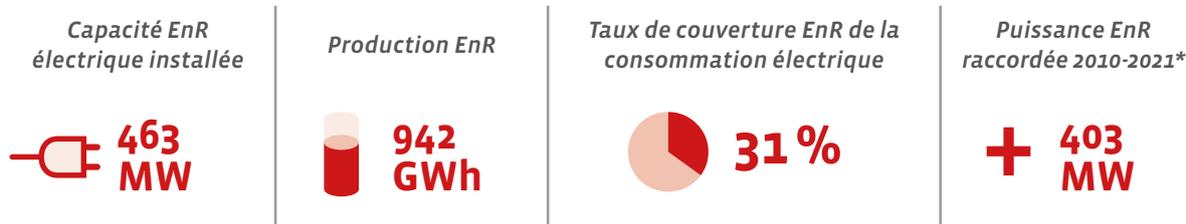
Réseaux citoyens

Observ'ER

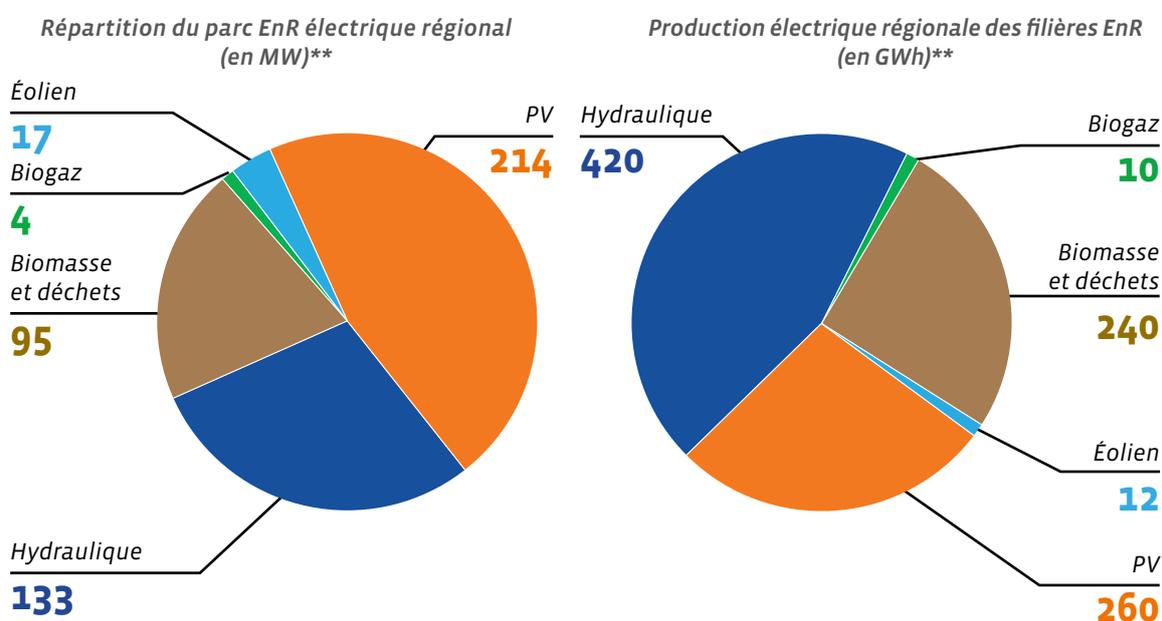
Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

RÉUNION

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE



PUISSANCES ET PRODUCTION



OBJECTIFS RÉGIONAUX

Objectif régional hydraulique 2020

180 MW

Objectif régional éolien 2020

35 MW

Objectif régional PV 2020

250 MW

* Évolution jusqu'au 30 septembre 2021.

** Chiffres 2019.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Énergies Réunion

www.energies-reunion.com

Son rôle: accompagner les collectivités locales actionnaires dans le développement de projets concrets aux enjeux énergétiques. Ses domaines d'action sont la maîtrise de la demande en énergie, les énergies nouvelles, l'observation, la gouvernance, l'information et la sensibilisation.



Technologies des énergies maîtrisées, énergies

renouvelables et gestion isolée de l'énergie de la Réunion (Temergie)

www.temergie.com

Groupement d'entreprises, de laboratoires de recherche, d'organismes de formation, d'associations et de collectivités en faveur de l'émergence de projets collaboratifs d'innovation.



SPL Horizon Réunion

www.energies-reunion.com

La SPL Horizon Réunion a été créée en juillet 2013. Elle est une suite logique à l'association Arer. Son rôle est d'accompagner les collectivités locales actionnaires dans le développement de projets concrets aux enjeux énergétiques.

181



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Fonds d'investissement régionaux



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR

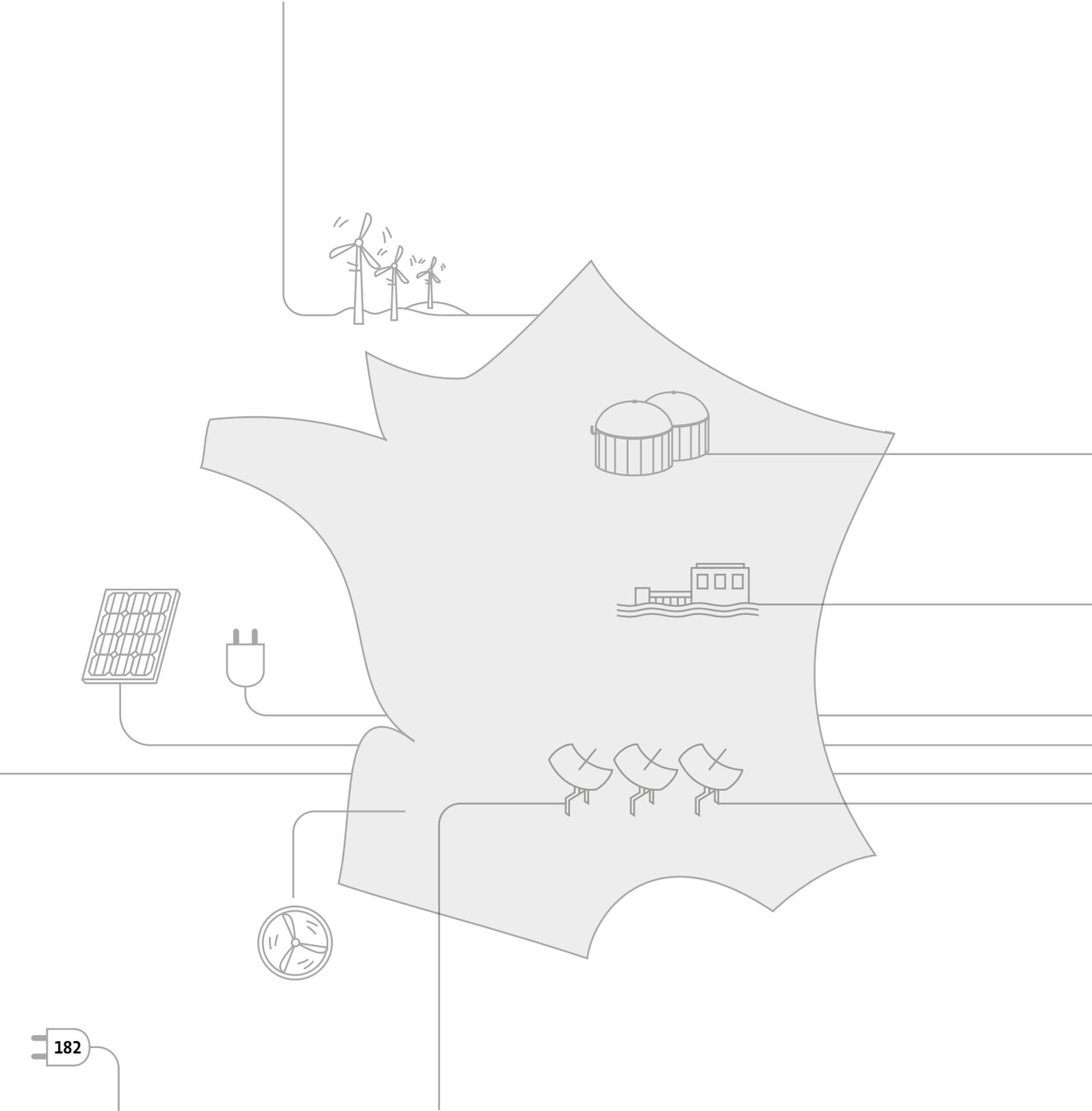


Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2021 des énergies renouvelables électriques en France

Retour
au sommaire



LEXIQUE ET SOURCES

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Agence de la transition écologique (Ademe)

Sa mission est d'animer, coordonner, faciliter ou réaliser des opérations ayant pour objet la protection de l'environnement, la maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelable sur le territoire national.

Agrégateur

Achète l'électricité de petits producteurs et la revend sur le marché.

Biométhane

Gaz riche en méthane provenant de l'épuration du biogaz issu de la fermentation de matières organiques. Il peut être utilisé dans une chaudière, comme carburant de véhicules ou être injecté dans le réseau de transport de gaz naturel.

Commission de régulation de l'énergie (CRE)

C'est une autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz en France.

Cogénération

Production simultanée de deux formes d'énergie différentes au sein du même processus de production. Le cas le plus fréquent est la production d'électricité et de chaleur, la chaleur étant issue de la production électrique.

Coût actualisé de l'énergie (LCOE pour levelized cost of electricity)

Correspond au coût du système (investissement actualisé + coûts opérationnels) divisé par la production électrique (le nombre de kWh) qu'il produira sur toute sa durée de vie.

Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)

La DGEC définit et met en œuvre la politique française relative à l'énergie, aux matières premières énergétiques ainsi qu'à la lutte contre le changement climatique et la pollution atmosphérique.

Digestat

Résidu solide ou liquide pâteux composé d'éléments organiques non dégradés et de minéraux issu du processus de méthanisation de matières organiques.

Digesteur

Désigne une cuve qui produit du biogaz grâce à un procédé de méthanisation des matières organiques.

Entreprises locales de distribution (ELD)

Les ELD sont des entreprises créées par les collectivités locales pour exploiter les réseaux de distribution.

LEXIQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

Guichet ouvert

Un développeur de projet passe par une procédure en guichet ouvert lorsqu'il peut déposer son projet pour analyse à n'importe quel moment, sans avoir à attendre un appel d'offres.

GWh

Abréviation de gigawattheure (giga = 10^9).

Haute chute et basse chute

Une centrale hydroélectrique de haute chute utilise une chute d'eau de plus de 50 mètres. Les centrales basse chute sont, elles, sous ce seuil.

MTE

Ministère de la Transition écologique.

Mix électrique

La composition par source d'électricité de la production électrique globale d'un territoire donné.

Module photovoltaïque

Assemblage de cellules photovoltaïques interconnectées, complètement protégé de l'environnement.

MWh

Abréviation de mégawattheure (méga = 10^6).
1 MWh = 0,086 tep sauf pour l'électricité géothermie (1 MWh = 0,86 tep).

Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Il s'agit de l'outil de pilotage fixant les priorités d'action des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique, conformément aux engagements pris dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Ce document a remplacé la PPI.

Repowering

Le repowering correspond au démantèlement d'un parc éolien existant, afin de remplacer l'ensemble des anciennes éoliennes par des machines récentes. On conserve ainsi le site en développant une puissance plus importante.

Réseau électrique

Ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique. Il est constitué de lignes électriques.

Retour énergétique

C'est le taux de rendement énergétique, c'est-à-dire le temps nécessaire à une installation EnR pour produire la quantité d'énergie qu'elle a consommée au cours de son cycle de vie.

Service de la donnée et des études statistiques (Sdes)

Le Sdes est rattaché au Commissariat général au développement durable (CGDD). Il assure, depuis le 10 juillet 2008, les fonctions de service statistique pour les domaines de l'environnement (ex-Ifen), de l'énergie (ex-Observatoire de l'énergie), de la construction, du logement et des transports (ex-SESP).

Schéma régional climat air énergie (SRCAE)

Copiloté par le préfet de région et le président du conseil régional, il est l'un des grands schémas régionaux créés par les lois Grenelle I et Grenelle II. Ce schéma doit intégrer dans un seul et même cadre divers documents de planification ayant un lien fort avec l'énergie et le climat, dont notamment le schéma éolien et le schéma de services collectifs de l'énergie.

Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet)

Le Sraddet est un schéma régional de planification qui fusionne plusieurs documents sectoriels ou schémas existants, soit le schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDT), le plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD), le schéma régional de l'intermodalité (SRI), le schéma régional climat air énergie (SRCAE) et le schéma régional de cohérence écologique (SRCE).

Substrat

Type de déchets valorisés dans un processus de méthanisation pour la production de biogaz. Ceux-ci peuvent venir de l'agriculture (lisiers, fumiers), de l'industrie agro-alimentaire (résidus de distillation, marc, déchets de brasserie, graisse alimentaire), de stations de traitement des eaux (boues de Step), de déchets ménagers organiques, de déchets verts, etc.

Taux de rentabilité interne (TRI)

Mesure de la performance d'un investissement, exprimée en pourcentage. Un investissement est dit rentable lorsque le TRI est supérieur aux exigences de rentabilité des investisseurs.

Territoire à énergie positive pour la croissance verte (TEPCV)

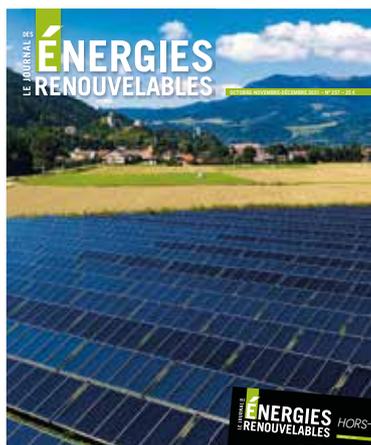
Territoire lauréat de l'appel à initiatives du même nom lancé par le ministère de l'Environnement en septembre 2014. Ces territoires proposent un programme global pour un nouveau modèle de développement plus sobre basé sur la réduction des besoins en énergie des habitants, des constructions, des activités économiques, des transports et des loisirs. Les TEPCV étaient au nombre de 355 au 1^{er} août 2016.

Tonne d'équivalent pétrole (TEP)

Elle est l'unité conventionnelle permettant de réaliser des bilans énergétiques multi-énergies avec comme référence l'équivalence en pétrole. Elle vaut, par définition, 41,868 gigajoules (GJ), ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole.

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

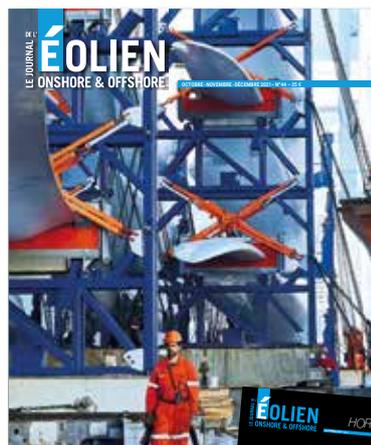


L'industrie se met à la chaleur solaire

En débat
Coup de froid sur la mécanisation à la ferme



LE POINT SUR
La mobilité électrique renouvelable

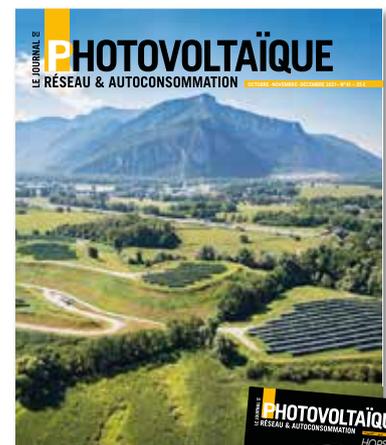


Les emplois de l'éolien

En débat
Dix mesures pour calmer la fronde anti



ÉOLIEN
"L'intermittence" fin d'un mythe



ATLAS 2021 des grandes centrales photovoltaïques

En débat
La France en le solaire au premières l



KITS PHOTOVOLTAÏQUES
Le solaire à portée de main

5

NUMÉROS PAR AN,
DONT 1 HORS-SÉRIE
+ LA NEWSLETTER
HEBDOMADAIRE

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE • PHOTOVOLTAÏQUE • GÉOTHERMIE • BIOMASSE
SMART-GRID • ÉNERGIES RENOUVELABLES • HYDROÉLECTRICITÉ • BOIS-ÉNERGIE
FORMATIONS • SOLAIRE THERMIQUE • ÉOLIEN ONSHORE & OFFSHORE
ÉNERGIES MARINES • BIOGAZ • AUTOCONSOMMATION • STOCKAGE ÉLECTRICITÉ

ORGANISMES

- Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)
- AFPG (Association française des professionnels de la géothermie)
- Amorce (Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des réseaux de chaleur, de l'énergie et des déchets)
- ATEE Club Biogaz
- Baromètres EurObserv'ER
- BPIfrance
- BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières)
- Cniid (Centre national d'information indépendante sur les déchets)
- CRE (Commission de régulation de l'énergie)
- CSF (Comité stratégique de filière)
- DGEC (Direction générale de l'énergie et du climat)
- Enedis
- Eurostat
- Le réseau des Dreal (directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement)
- EDF (Électricité de France)
- EDF SEI (Électricité de France Système électrique insulaire)
- Enerplan Syndicat des professionnels de l'énergie solaire
- ÉS Géothermie (Électricité de Strasbourg géothermie)
- Estela Solar (European Solar Thermal Electricity Association)
- FEE (France énergie éolienne)
- FNCCR (Fédération nationale des collectivités concédantes et régies)
- France énergies marines

- France hydroélectricité
- France territoire solaire
- Hespul
- Ifremer (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer)
- Ministère de l'Économie et des Finances
- Ministère de la Transition écologique
- Observ'ER – *le Journal de l'éolien*
- Observ'ER – *le Journal du photovoltaïque*
- Observ'ER – *le Journal des énergies renouvelables*
- Observatoire des énergies de la mer
- Qualit'EnR
- RTE (Réseau transport électricité)
- SER (Syndicat des énergies renouvelables)
- Sdes (Service de la donnée et des études statistiques)
- Solar Power Europe
- SVDU (Syndicat national du traitement et de la valorisation des déchets urbains)
- UFE (Union française de l'électricité)
- Wind Europe

SITES INTERNET

- www.ademe.fr
- www.actu-environnement.com
- www.afpg.asso.fr
- www.amorce.asso.fr
- www.biogaz.atee.fr
- www.bpifrance.fr
- www.brgm.fr
- www.cibe.fr
- www.cluster-maritime.fr
- www.zerowastefrance.org
- www.cre.fr

LISTE DES SOURCES UTILISÉES

Observ'ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

- www.developpement-durable.gouv.fr
- www.economie.gouv.fr
- www.edf.gp
- www.enedis.fr
- www.enerplan.asso.fr
- www.energiesdelamer.eu
- www.energies-renouvelables.org
- www.enr.fr
- www.euroobserv-er.org
- www.ec.europa.eu/eurostat
- www.fee.asso.fr
- www.france-energies-marines.org
- www.france-hydro-electricite.fr
- www.geothermie-perspectives.fr
- www.geothermies.fr
- www.geothermie-soultz.fr
- www.greenunivers.com
- www.iea-pvps.org
- www.ifremer.fr
- www.injectionbiomethane.fr
- www.lechodusolaire.fr
- www.negawatt.org
- www.observatoire-energie-photovoltaïque.com
- www.photovoltaïque.info
- www.pole-mer-bretagne-atlantique.com
- www.rte-france.com
- www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

PUBLICATIONS

Toutes filières

- “Chiffres clés de l’énergie. Édition 2021”, Commissariat général au développement durable, 2020
- “Panorama de l’électricité renouvelable au 30 septembre 2021”, RTE, SER, ERDF, Adeef, 2021
- “Panorama de l’électricité renouvelable en 2020”, RTE, SER, ERDF, Adeef, 2021
- “Marchés & emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021

Observ’ER

Le Baromètre 2021
des énergies renouvelables
électriques en France

- “Coûts des énergies renouvelables et de récupération”, Ademe, 2021
- “Bilan prévisionnel de l’équilibre offre/demande d’électricité 2019-2020”, EDF SEI

Biomasse et déchets

- “Tableau de bord trimestriel du biogaz”, Sdes, 2021
- “Déchets – Chiffres clés”, Ademe, 2020

Éolien

- “Étude sur la filière éolienne française : bilan, prospective, stratégie”, Ademe, 2017
- “Observatoire de l’éolien. Analyse du marché et des emplois éoliens en France en 2019”, FEE, Capgemini Invent, 2020
- “Tableau de bord de l’éolien”, Sdes, 2021

EMR

- “Les énergies de la mer. Des emplois essentiels à la transition énergétique française”, Observatoire des énergies de la mer, 2021

Solaire

- “Observatoire de l’énergie photovoltaïque en France”, France territoire solaire, 2021
- “Tableau de bord trimestriel du photovoltaïque”, Sdes, 2021

Sraddet

- “Analyse et concaténation du volet énergie des Sraddet”, Négawatt, novembre 2020